

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : **2000-098296**

(43)Date of publication of application : **07.04.2000**

(51)Int.Cl.

G02B 27/18
G02B 5/04
G02F 1/13
G02F 1/1335
G03B 21/00
G03B 33/12
H04N 9/31

(21)Application number : **10-263749**

(71)Applicant : **SHARP CORP**

(22)Date of filing : **17.09.1998**

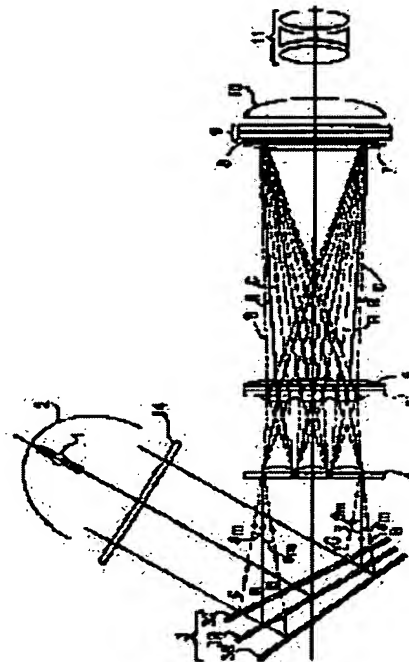
(72)Inventor : **SHIBATANI TAKESHI
NAKANISHI HIROSHI
TAKAHARA IKUO
HAMADA HIROSHI**

(54) PROJECTION TYPE COLOR PICTURE DISPLAY DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a compact single plate type device having the high utilization efficiency of illuminating light and uniform illumination distribution and realizing high-quality display where color mixture is not caused by color-separating and arraying plural secondary light source pictures similarly to the array of plural color pixels of a picture display element.

SOLUTION: The array of plural secondary light source pictures color-separated to red, green and blue is set to be similar to that of plural color pixels of the picture display element including the colors thereof. A lens constituting a micro-lens array picture-forms the array of the secondary light source pictures and makes the condensing spot of luminous flux forming the color-separated secondary light source picture at the aperture part of each pixel of the picture display element. Thus, the picture having no absorption loss by a color filter is obtained. The luminous flux forming the secondary light source picture by a 1st fly-eye lens 4 is windened to be superposed on the entire screen of the picture display element by the action of a 2nd fly-eye lens 5, so that the illuminance distribution of the projected picture is uniformized.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 27.07.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 28.07.2004

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

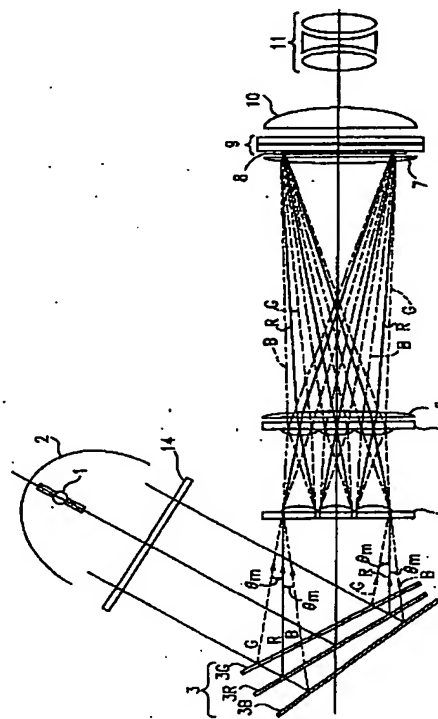
[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office



【特許請求の範囲】

【請求項1】 白色光束を発生する光源部と、複数のレンズを備え、該光源部の2次光源像を複数形成する第1のフライアイレンズと、該第1のフライアイレンズで形成される該複数の2次光源像が形成される位置の近傍に配置され、少なくとも該第1のフライアイレンズと同数のレンズを備えてなる第2のフライアイレンズと、該第2のフライアイレンズを構成する個々のレンズを通過した光が重畳されて照射される、複数のレンズを有するマイクロレンズアレイと、該マイクロレンズからの光を変調する、複数のカラー画素を有する1枚の画像表示素子と、該光源部から該マイクロレンズアレイまでの光路上に配置され、該白色光束を赤・緑・青の色光束に色分離する色分離素子と、該画像表示素子から出射された光束を投影する投影レンズと、を有する投影型カラー画像表示装置であって、該複数の2次光源像は、該画像表示素子の該複数のカラー画素の配列と相似になるように、色分離・配列され、該マイクロレンズアレイの該複数のレンズのそれぞれが、該色分離・配列された複数の2次光源像のそれぞれに対応した集光スポットを、該複数のカラー画素の対応するカラー画素の位置に形成する、投影型カラー画像表示装置。

【請求項2】 前記マイクロレンズアレイの前記複数のレンズは、前記画像表示素子の前記複数のカラー画素の、赤・緑・青のグループの配列ピッチの整数倍のピッチで配列されている、請求項1に記載の投影型カラー画像表示装置。

【請求項3】 前記色分離素子は、前記光源部と前記第1のフライアイレンズの間にあり、該色分離素子から色分離された光束は、前記第1のフライアイレンズに重畳して照射され、該第1のフライアイレンズは、前記画像表示素子の前記複数のカラー画素の配列と相似になるように、色分離・配列された前記複数の2次光源像を形成する、請求項1に記載の投影型カラー画像表示装置。

【請求項4】 前記色分離素子は、前記第2のフライアイレンズの光源側に配置され、該第2のフライアイレンズは、少なくとも前記第1のフライアイレンズの前記レンズの3倍の数のレンズを備え、前記画像表示素子の前記複数のカラー画素の配列と相似になるように、色分離・配列された前記複数の2次光源像を形成する、請求項1に記載の投影型カラー画像表示装置。

【請求項5】 前記色分離素子は、前記第2のフライアイレンズの光出射側に配置され、前記画像表示素子の前記複数のカラー画素の配列と相似になるように、色分離・配列された前記複数の2次光源像が仮想的に形成され

る、請求項1に記載の投影型カラー画像表示装置。

【請求項6】 前記色分離素子は、規則的に配列された複数の色分離光学要素を有する短冊状のアレイであって、

前記色分離素子は、前記第2のフライアイレンズの光源側または出射側の近傍に配置され、前記2次光源像を、前記画像表示素子の前記カラー画素の赤・緑・青の配列方向に沿って、赤・緑・青に3等分の配列ピッチで色分離する、請求項4または5に記載の投影型カラー画像表示装置。

【請求項7】 前記色分離素子は、前記複数の色分離光学要素と対応して設けられた複数の全反射ミラーを更に有する、請求項6に記載の投影型カラー画像表示装置。

【請求項8】 前記色分離素子は、赤・緑・青の内の2色を反射し、1色を透過する誘電体多層膜からなる第1のダイクロイックプリズムまたはダイクロイックミラーと、

該第1のダイクロイックプリズムまたはダイクロイックミラーで反射された2色の光の内1色を、該第1のダイクロイックプリズムまたはダイクロイックミラーを透過した光の進行方向と略一致するように反射する第2のダイクロイックプリズムまたはダイクロイックミラーと、該第2のダイクロイックプリズムまたはダイクロイックミラーを透過した光を該第1のダイクロイックプリズムまたはダイクロイックミラーを透過した光の進行方向と略一致するように反射する、第3のダイクロイックプリズム、ダイクロイックミラー、全反射プリズムまたは全反射ミラーの内いずれか一つと、を複数有し、これらが規則的に配列されている、請求項6に記載の投影型カラー画像表示装置。

【請求項9】 前記色分離素子は、赤・緑・青の内の2色を異なる方向に反射し、1色を透過する誘電体多層膜からなる第1のクロスダイクロイックプリズムまたはクロスダイクロイックミラーと、該第1のクロスダイクロイックプリズムまたはクロスダイクロイックミラーからの2色の反射光を該第1のクロスダイクロイックプリズムまたはクロスダイクロイックミラーを透過した光の進行方向と略同じ方向にそれぞれ反射する第2のダイクロイックプリズム、ダイクロイックミラー、全反射プリズムまたは全反射ミラーの内いずれか一つと、を複数有し、これらが規則的に配列されている、請求項6に記載の投影型カラー画像表示装置。

【請求項10】 前記色分離素子は、赤・緑・青の内の1色を反射し、他を透過する第1の色分離面と、該第1の色分離面を透過した2色の内の一方を反射し、他方を透過する第2の色分離面と、該第2の色分離面を透過した光を反射する反射面とを有し、該第1の色分離面と、該第2の色分離面と、該反射面とが、おおよそ平行に配置されている、請求項4または5に記載の投影型カラー画像表示装置。

【請求項11】 前記色分離素子は、2枚もしくは3枚の平板を有し、該2枚もしくは3枚の平板が有する面の少なくとも3つの面に誘電体多層膜が形成されている請求項10に記載の投影型カラー画像表示装置。

【請求項12】 前記色分離素子は、三角プリズムと、1枚もしくは2枚の平板を有し、該三角プリズムと該1枚もしくは2枚の平板が有する面の少なくとも3つの面に、誘電体多層膜が形成されている請求項10に記載の投影型カラー画像表示装置。

【請求項13】 前記第2のフライアイレンズの光源側もしくは出射側の近傍に配置された偏光変換光学素子をさらに有し、

該偏光変換光学素子は、前記複数の2次光源像を形成するそれぞれの光束を、前記色分離素子が赤・緑・青の3つの波長域に色分離する方向とは直交する方向にP偏光とS偏光に分離する偏光ビームスプリットと、

該偏光ビームスプリットで反射された偏光成分を該偏光ビームスプリットを透過した偏光成分の進行方向と略同じ方向に反射する全反射プリズムまたは全反射ミラーとを複数有し、これらが規則的に交互に短冊状に配列されており、

該偏光ビームスプリット、あるいは全反射プリズムまたは全反射ミラーのどちらか一方の光出射側に偏光軸回転素子を有する、請求項1から12のいずれかに記載の投影型カラー画像表示装置。

【請求項14】 前記偏光変換光学素子は、規則的に交互に短冊状に配列され前記偏光ビームスプリットと前記全反射プリズムまたは全反射ミラーとの間隙を規定するスペーサを更に有する、請求項13に記載の投影型カラー画像表示装置。

【請求項15】 前記光源部と前記第1のフライアイレンズとの間に配置され、該光源部からの白色光束のP偏光またはS偏光の一方を反射、他方を透過して分離する偏光ビームスプリットと、

該偏光ビームスプリットを透過した偏光成分を再度偏光ビームスプリットに入射させる反射手段とを有する偏光分離手段をさらに有し、

該偏光分離手段で分離されたP偏光とS偏光の光束は前記第1のフライアイレンズに異なる角度で重畳されて照射され、該第1のフライアイレンズが作るP偏光とS偏光の2次光源像は、前記色分離素子が前記白色光束を色分離する方向とは直交する方向に配列され、

該P偏光とS偏光の2次光源像が形成される位置の近傍にあって、該P偏光とS偏光のどちらか一方の光路上に配置された偏光軸回転素子をさらに有する、請求項1に記載の投影型カラー画像表示装置。

【請求項16】 前記色分離素子が色分離する方向において、

前記2次光源像のスポットサイズと該2次光源像の色分離後の配列ピッチの比が、前記画像表示素子の前記カラ

ー画素開口部のサイズと該カラー画素の配列ピッチの比とはほぼ等しいか小さい、請求項1に記載の投影型カラー画像表示装置。

【請求項17】 前記第2のフライアイレンズの光源側または出射側の近傍に、前記画像表示素子のカラー画素開口部の形状と相似の開口を複数有する遮光マスクを更に有する、請求項1に記載の投影型カラー画像表示装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、投影型カラー画像表示装置に関し、特にカラーフィルターを用いないで1枚の液晶表示素子によりカラー表示を行なう単板式の投影型カラー画像表示装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来の液晶表示素子を用いた投影型カラー画像表示装置（以下、投影型カラー液晶表示装置と称する）について説明する。一般に、投影型カラー液晶表示装置では、使用される液晶表示素子自体が発光しないので、別に光源を設ける必要がある。しかしながら、投影型カラー液晶表示装置は、投影型ブラウン管表示装置と比較すると、色再現範囲が広い、小型・軽量であるため持ち運びしやすい、地磁気に影響されないのでコンバージェンス調整が不要など非常に優れた特徴を持っているので、今後の発展が期待されている。

【0003】また、上記した投影型カラー液晶表示装置における画像表示方式には、光の3原色に応じて液晶表示素子を3枚用いる3板式と、1枚のみを用いる単板式とがある。前者の3板式は、白色光を赤・緑・青の3原色の色光にそれぞれ分割する光学系と、各色光を制御して画像を形成する3枚の液晶表示素子とをそれぞれ独立に備えており、各色の画像を光学的に重畳してフルカラー表示を行うものである。この3板式の構成では、白色光源から放射される光を有効に利用でき、かつ色の純度も高いという利点があるが、上述のように色分離系、と色合成系が必要なため、光学系が煩雑で部品点数が多くなってしまい、低コスト化及び小型化の点では、後述の単板式に比べて一般的に不利である。

【0004】これに対して、後者の単板式は、液晶表示素子を1枚のみ用いる構成であり、モザイク状、ストライプ状等の3原色カラーフィルタパターンを備えた液晶表示素子を投影光学系によって投影するもので、例えば特開昭59-230383号公報に開示されたものがある。単板式は使用する液晶表示素子が1枚で済み、かつ光学系の構成も3板式に比べて単純になるので、低コスト、小型の投影型システムに適している。

【0005】しかしながら、上記単板式の場合にはカラーフィルターによる光の吸収または反射が起こるため、入射光の約1/3しか利用できない。つまり、カラーフィルターを用いる単板式での画面の明るさは、この単板式に

使用される光源と等しい明るさの光源を用いた3板式と比較して約1/3に低下してしまう。

【0006】上記のような明るさの低下に対する1つの解決方法として、光源を明るくすることが考えられる。しかしながら、投影型カラー液晶表示装置を家庭用として使用する場合には、光源の明るさの向上に伴う消費電力の増大は好ましくない。また、吸収タイプのカラーフィルタを用いる場合、カラーフィルタに吸収された光のエネルギーは熱に変わるため、光源を明るくすれば、液晶表示素子の温度上昇を引き起こすだけでなく、カラーフィルタの退色が加速される。したがって、光源を不要に明るくすることなく与えられた光束をいかに有効に利用するかが投影型カラー画像表示装置の利用価値を向上させる上で重要な課題となっている。

【0007】そこで、このような単板式の投影型カラー画像表示装置の課題を解決するため、例えば特開平4-60538号公報には、複数のダイクロイックミラーを扇形に配置して光利用率の向上を図った投影型カラー画像表示装置が提案されている。

【0008】上記投影型カラー画像表示装置は、例えば図38に示すように、扇形に配置されたダイクロイックミラー104R・104G・104Bを用いて、白色光源101からの白色光を赤、青、緑色の各光束に分割し、光の利用効率を向上させるようになっている。なお、以下では、R・G・Bをそれぞれ赤・緑・青の色を表すものとし、それぞれの色に対する光をR光、G光、B光と記す。

【0009】この装置において、上記ダイクロイックミラー104R・104G・104Bにより分離された各色光束は、液晶表示素子107の白色光源101側に配置されているマイクロレンズアレイ105にそれぞれ異なった角度で入射する。上記マイクロレンズアレイ105を通過した各色光束は、それぞれに対応した色信号が独立して印加される信号電極により駆動される液晶表示素子107の液晶領域(画素領域)に、各色光束の入射角度に応じて分配照射される。分配照射された色光束は、液晶表示素子107の出射側に配されたフィールドレンズ108、投影レンズ109によってスクリーン110に拡大投影される。この投影型カラー画像表示装置は、吸収タイプのカラーフィルタを用いないので、光の利用効率が高く、極めて明るい画像を提供することができる。

【0010】上記投影型カラー液晶表示装置における液晶表示素子107は、図39に示すように、2枚の透明基板107a・107bにTFTや信号線等の駆動回路や配向膜等が形成され、これら透明基板107a・107b間に液晶層107cを介在させて形成されている。そして、透明基板107aの液晶層107c側の上面には、表示には寄与しない配線領域を遮光するためのブラックマトリクス(BM)111が設けられている。画素

のうち、光を通す領域を画素開口部、画面サイズに対する画素開口部の面積比を開口率と称している。

【0011】マイクロレンズアレイ105は、上記液晶表示素子107の画素3つ分に対応する大きさのマイクロレンズ群106からなり、入射されたR光・G光・B光の各平行光束から3色の集光スポットを透明基板107a上のBM111形成面上の対応する色の画素上にそれぞれ形成する。そして、集光スポットが形成された各画素は、画像信号にて制御される。

【0012】マイクロレンズが付加されていない通常の液晶表示素子では、BM111に入射した光は、表示に寄与できず照射光の利用効率を低下させている。ところが、上記した投影型カラー画像表示装置では、マイクロレンズアレイ105を付加することでマイクロレンズ106に照射された光を画素開口部に集光することができるので、液晶表示素子107を通過できる光量が増え、明るい投影画面を得ることができる。また、集光スポットの大きさが画素開口部よりも小さければ照明光の利用効率が最良となる。しかしながら、この条件を実現するためには、以下の制約がある。

【0013】マイクロレンズを通ったあとの光束の集光スポットの大きさは、マイクロレンズの焦点距離 f と照明光の光線平行度(主光線に対する光の広がり角)によって決まる。図39の光学系では、焦点距離 f を透明基板107aの厚さと等しくすべきである。ところが、現状の液晶表示素子の製造プロセスは、大面積のガラス板に複数個の液晶表示素子を作り込み、後半工程で切断分離する手法を取っているため、あまり薄いガラス板は製造途中でたわむなどの問題があり使えない。現在、液晶表示素子に用いられているガラス板の厚みは、0.7~1.1mm程度であり、ガラス板の屈折率 n は1.52程度なので、 n で割った空気換算の厚みは約460~730 μm である。従って、マイクロレンズの焦点距離 f は、460 μm 以上必要である。また、照明光の平行度が $\pm 3^\circ$ であるとする、集光スポットサイズ Φ は、 $\Phi = 2 \cdot f \cdot \tan \theta$ ($\theta: \pm 3^\circ$) より、 $\Phi = \text{約} 48 \mu\text{m}$ である。従って、画素開口部の幅が48 μm より小さいと集光スポットが開口部をはみ出して集光ロスが生じてしまう。

【0014】例えば、対角約91mm、画面縦横比が3:4で、画素数が縦480、横640x3(RGB)=1920である、いわゆるVGA(Video Graphics Array)タイプのストライプ画素配列の液晶表示素子では、横方向の画素ピッチが38 μm しかないので、集光スポットは画素から確実にみ出してしまふところか、赤色の集光スポットが隣の青、または緑用の画素に入り込んでしまい、投影画面の色再現性を損なうなどの、いわゆる「混色」が起きてしまう。近年では、液晶表示素子の小型化、高解像度化が進み、ますます画素サイズが小さくなる傾向にあるので、このま

までは集光効率が低下して投影画面の明るさが確保できない、混色が防げないといった問題がある。

【0015】この問題に対する解決法のひとつとして、本願出願人は特開平9-114023号公報で、第1のマイクロレンズアレイで作った集光スポットを第2のマイクロレンズアレイで液晶表示素子の画素開口部に拡大結像する方法を開示している。この方法では、第1のマイクロレンズアレイが作る集光スポットは液晶表示素子の外部にあるので、透明基板107aの厚みを薄くしなくても画素開口部に無駄なく集光することができる。

【0016】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、ダイクロミックミラーとマイクロレンズアレイとを用いた、上述の従来の単板式の投影型カラー画像表示装置では、吸収型のカラーフィルタを用いないので光の利用効率が向上するものの、以下のような問題が生じている。

【0017】第1に、画面内の照度分布を十分に均一にすることができないという問題がある。高品質な投影画像を作るためには、画像の明るさや色再現性、解像度などと共に、画面内の照度分布を均一にする必要がある。一般に放物面鏡や楕円鏡を用いた集光系で直接液晶表示素子を照明すると画面中心の照度がピークになり画面周辺の照度が低い画面になってしまう。

【0018】特開平9-114023号公報に開示のシステムでは、第1のマイクロレンズアレイが液晶表示素子の近傍にあるので、第1のマイクロレンズアレイが作る集光スポット群は、それより手前の集光光学系による照度分布むらを引き継いでいる。また、集光スポット群は液晶表示素子の各集光スポットの近くにある画素にのみ対応するように再結像されるので、投影画像にも照度分布むらが残ってしまう。

【0019】この照度分布むらの問題は、単板式に限らず3板式の投影型カラー画像表示装置においても発生する。3板式の投影型カラー画像表示装置における照度分布むらの問題を解決する方法として、2枚のレンズアレイ（一般にフライアイ（蠅の目）レンズと呼ばれる）を組み合わせた光学系が提案されている。さらに、特開平7-181392号公報は、2枚のフライアイレンズと、マイクロレンズアレイを組み合わせて、照度分布改善と画素開口部への集光効率の向上とを両立させたシステムを開示している。

【0020】上記の公報は、第1のフライアイレンズが作る白色の2次光源像（2次光源像とマイクロレンズが作る集光スポットはほぼ同義のものである）を第2のフライアイレンズによって画像表示素子の画面全体に重なりあうように照明することで照度分布を改善すると共に、画素配列と相似に配列された2次光源像をマイクロレンズによって画素開口部に集光することによって集光効率を改善することを示している。しかしながら、上記公報のシステムにおける2次光源像は白色であり、色

分離光学系と色合成光学系を必要とするシステムであり、上述した3板式の欠点を有する。また、このシステムを単板式に適用するためには、カラーフィルタを必要とするので、カラーフィルタによる光の吸収ロスが発生する。

【0021】また、特開平8-313847号公報には単板式への適用を目的とした、フライアイレンズとマイクロレンズアレイの組みあわせの投影型カラー画像表示装置が開示されている。この投影型カラー画像表示装置は、白色光を色分離光学系で赤・緑・青の光の3原色に分離後、各色の光束にそれぞれ2枚のフライアイレンズの組を有している。第1のフライアイレンズが作る2次光源像は画素開口部の形状に密集させられ、赤・緑・青の3つの原色光源のグループが作られる。これらは各色毎に設けられた第2のフライアイレンズによって画像表示素子上で重なり合って照明され、照度分布を改善すると共に、マイクロレンズが画素開口部に所定の色の光を集光する。このシステムにおいては、カラーフィルタによる光の吸収ロスは無いものの、色毎にフライアイレンズ光学系を必要とするので、部品点数が増加し、光学系のサイズも大きくなるという問題がある。

【0022】第2に、液晶表示素子の表示原理に関わる「偏光」の利用効率を十分に高くできないという問題がある。これも単板式・3板式を問わない問題である。液晶表示素子は入射側の偏光板によりランダム偏光の照明光から直線偏光のみを通過させ、これを液晶表示素子で変調した後、出射側の偏光板でさらに不要な光をカットすることで表示画像を形成する。従って、照明光の半分以上が最初の偏光板を通過する段階でカットされロスしている。

【0023】偏光の利用効率の問題については、液晶表示素子に入射する前にPBS（偏光ビームスプリッタ）を用いて偏光方向をそろえ直す偏光変換の方法が考えられており、前述の特開平7-181392号公報にもPBSを用いた偏光変換法が開示されている。しかし、これは偏光方向を描えてできる光束が偏光分離前の光束と平行に並ぶために、光束の断面積が2倍になり、光学系のサイズが大きくなってしまいう問題、または、液晶表示素子の表示面積が小さい場合は表示面に集められる有効光量が低下するという問題がある。

【0024】また、特開平8-304739号公報には2枚のフライアイレンズと短冊アレイ状のPBSの組みあわせにより、照度分布均一化と偏光変換による効率アップを小スペースで両立させたシステムが開示されている。しかしながら、このシステムで形成される2次光源像は白色であり、3板式の投影型カラー画像表示装置への適用しか想定されていない。

【0025】本発明は、上記の課題を解決するためになされたものであり、極端に薄い透明基板を用いて液晶表示素子の生産性を低下させることなく通常の厚さの透明

基板を備えた液晶表示素子を用いて、照明光の利用効率が高く、均一な照度分布を有し、混色の発生のない高品質な表示を実現するコンパクトな単板式の投影型カラー画像表示装置を提供することを目的とする。

【0026】

【課題を解決するための手段】本発明の投影型カラー画像表示装置は、白色光束を発生する光源部と、複数のレンズを備え、該光源部の2次光源像を複数形成する第1のフライアイレンズと、該第1のフライアイレンズで形成される該複数の2次光源像が形成される位置の近傍に配置され、少なくとも該第1のフライアイレンズと同数のレンズを備えてなる第2のフライアイレンズと、該第2のフライアイレンズを構成する個々のレンズを通過した光が重畳されて照射される、複数のレンズを有するマイクロレンズアレイと、該マイクロレンズからの光を変調する、複数のカラー画素を有する1枚の画像表示素子と、該光源部から該マイクロレンズアレイまでの光路上に配置され、該白色光束を赤・緑・青の色光束に色分離する色分離素子と、該画像表示素子から出射された光束を投影する投影レンズと、を有する投影型カラー画像表示装置であって、該複数の2次光源像は、該画像表示素子の該複数のカラー画素の配列と相似になるように、色分離・配列され、該マイクロレンズアレイの該複数のレンズのそれぞれが、該色分離・配列された複数の2次光源像のそれぞれに対応した集光スポットを、該複数のカラー画素の対応するカラー画素の位置に形成するように、構成されており、そのことによって上記目的が達成される。

【0027】前記マイクロレンズアレイの前記複数のレンズは、前記画像表示素子の前記複数のカラー画素の、赤・緑・青のグループの配列ピッチの整数倍のピッチで配列されている構成としてもよい。

【0028】前記色分離素子は、前記光源部と前記第1のフライアイレンズの間にあり、該色分離素子から色分離された光束は、前記第1のフライアイレンズに重畳して照射され、該第1のフライアイレンズは、前記画像表示素子の前記複数のカラー画素の配列と相似になるように、色分離・配列された前記複数の2次光源像を形成する構成としてもよい。

【0029】前記色分離素子は、前記第2のフライアイレンズの光源側に配置され、該第2フライアイレンズは、少なくとも前記第1のフライアイレンズの前記レンズの3倍の数のレンズを備え、前記画像表示素子の前記複数のカラー画素の配列と相似になるように、色分離・配列された前記複数の2次光源像を形成する、構成としてもよい。

【0030】前記色分離素子は、前記第2のフライアイレンズの光出射側に配置され、前記画像表示素子の前記複数のカラー画素の配列と相似になるように、色分離・配列された前記複数の2次光源像が仮想的に形成される

構成としてもよい。

【0031】前記色分離素子は、規則的に配列された複数の色分離光学要素を有する短冊状のアレイであって、前記色分離素子は、前記第2のフライアイレンズの光源側または出射側の近傍に配置され、前記2次光源像を、前記画像表示素子の前記カラー画素の赤・緑・青の配列方向に沿って、赤・緑・青に3等分の配列ピッチで色分離する構成としてもよい。

【0032】前記色分離素子は、前記複数の色分離光学要素と対応して設けられた複数の全反射ミラーを更に有する構成としてもよい。

【0033】前記色分離素子は、赤・緑・青の内の2色を反射し、1色を透過する誘電体多層膜からなる第1のダイクロイックプリズムまたはダイクロイックミラーと、該第1のダイクロイックプリズムまたはダイクロイックミラーで反射された2色の光の内1色を、該第1のダイクロイックプリズムまたはダイクロイックミラーを透過した光の進行方向と略一致するように反射する第2のダイクロイックプリズムまたはダイクロイックミラーと、該第2のダイクロイックプリズムまたはダイクロイックミラーを透過した光を該第1のダイクロイックプリズムまたはダイクロイックミラーを透過した光の進行方向と略一致するように反射する、第3のダイクロイックプリズム、ダイクロイックミラー、全反射プリズムまたは全反射ミラーの内いずれか一つと、を複数有し、これらが規則的に配列されている構成としてもよい。

【0034】前記色分離素子は、赤・緑・青の内の2色を異なる方向に反射し、1色を透過する誘電体多層膜からなる第1のクロスダイクロイックプリズムまたはクロスダイクロイックミラーと、該第1のクロスダイクロイックプリズムまたはクロスダイクロイックミラーからの2色の反射光を該第1のクロスダイクロイックプリズムまたはクロスダイクロイックミラーを透過した光の進行方向と略同じ方向にそれぞれ反射する第2のダイクロイックプリズム、ダイクロイックミラー、全反射プリズムまたは全反射ミラーの内いずれか一つと、を複数有し、これらが規則的に配列されている構成としてもよい。

【0035】前記色分離素子は、赤・緑・青の内の1色を反射し、他を透過する第1の色分離面と、該第1の色分離面を透過した2色の内の一方を反射し、他方を透過する第2の色分離面と、該第2の色分離面を透過した光を反射する反射面とを有し、該第1の色分離面と、該第2の色分離面と、該反射面とが、おおむね平行に配置されている構成としてもよい。

【0036】前記色分離素子は、2枚もしくは3枚の平板を有し、該2枚もしくは3枚の平板が有する面の少なくとも3つの面に誘電体多層膜が形成されている構成としてもよい。

【0037】前記色分離素子は、三角プリズムと、1枚もしくは2枚の平板を有し、該三角プリズムと該1枚も

しくは2枚の平板が有する面の少なくとも3つの面に、誘電体多層膜が形成されている構成としてもよい。

【0038】前記第2のフライアイレンズの光源側もしくは出射側の近傍に配置された偏光変換光学素子をさらに有し、該偏光変換光学素子は、前記複数の2次光源像を形成するそれぞれの光束を、前記色分離素子が赤・緑・青の3つの波長域に色分離する方向とは直交する方向にP偏光とS偏光に分離する偏光ビームスプリッタと、該偏光ビームスプリッタで反射された偏光成分を該偏光ビームスプリッタを透過した偏光成分の進行方向と略同じ方向に反射する全反射プリズムまたは全反射ミラーとを複数有し、これらが規則的に交互に短冊状に配列されており、該偏光ビームスプリッタ、あるいは全反射プリズムまたは全反射ミラーのどちらか一方の光出射側に偏光回転素子を有する構成としてもよい。

【0039】前記偏光変換光学素子は、規則的に交互に短冊状に配列され前記偏光ビームスプリッタと前記全反射プリズムまたは全反射ミラーとの間隙を規定するスペーサを更に有する構成としてもよい。

【0040】前記光源部と前記第1のフライアイレンズとの間に配置され、該光源部からの白色光束のP偏光またはS偏光の一方を反射、他方を透過して分離する偏光ビームスプリッタと、該偏光ビームスプリッタを透過した偏光成分を再度偏光ビームスプリッタに入射させる反射手段とを有する偏光分離手段をさらに有し、該偏光分離手段で分離されたP偏光とS偏光の光束は前記第1のフライアイレンズに異なる角度で重畳されて照射され、該第1のフライアイレンズが作るP偏光とS偏光の2次光源像は、前記色分離素子が前記白色光束を色分離する方向とは直交する方向に配列され、該P偏光とS偏光の2次光源像が形成される位置の近傍にあって、該P偏光とS偏光のどちらか一方の光路上に配置された偏光回転素子をさらに有する構成としてもよい。

【0041】前記色分離素子が色分離する方向において、前記2次光源像のスポットサイズと該2次光源像の色分離後の配列ピッチの比が、前記画像表示素子の前記カラー画素開口部のサイズと該カラー画素の配列ピッチの比とほぼ等しいか小さい構成としてもよい。

【0042】前記第2のフライアイレンズの光源側または出射側の近傍に、前記画像表示素子のカラー画素開口部の形状と相似の開口を複数有する遮光マスクを更に有する構成としてもよい。

【0043】以下本発明の作用を説明する。

【0044】本発明によれば、赤・緑・青に色分離された2次光源像一つずつの配列もしくは複数個の同色の2次光源像を一組とした配列は、画像表示素子のカラー画素配列とその色も含めて相似になっており、マイクロレンズアレイを構成するレンズはこの2次光源像の配列を結像し、画像表示素子の各画素の画素開口部に、色分離された2次光源像を形成する光束の集光スポットを作

る。従って、白色光源の光を効率良く色分離して各色用の画素上に各色毎に入射することができるので、カラーフィルタによる吸収ロスのない明るい投影画像を得ることができる。同時に、第1のフライアイレンズが作る2次光源像を作る光束は、第2のフライアイレンズの働きにより、画像表示素子の画面全体に重なるように広がるので投影画像の照度分布が均一化される。フライアイレンズを赤・緑・青の色毎に複数組用意する必要はないので、コンパクトな光学系で構成することができる。さらに、一旦2次光源像を作り、これを結像して集光スポットを作るので、従来の様に平行光束から直接集光スポットを作る場合と比較して、マイクロレンズの焦点距離を長くしても光学系全体としての光利用効率を損なわないように設計することができる。従って、通常の厚さの透明基板を用いた液晶表示素子を利用できるので、透明基板の厚さを極端に薄くすることによって生じる液晶表示素子の生産性の低下という弊害を受けることがない。

【0045】色分離素子を光源部と第1のフライアイレンズのとの間に配置し、色分離素子から色分離された赤・緑・青の波長域の光束が第1のフライアイレンズに重畳して照射される様に構成すれば、赤・緑・青に色分離された2次光源像が各色光束の入射角度に応じた位置に作られる。従って、各色の光束の入射角度と第1のフライアイレンズを適切に設定すれば所望の2次光源像配列が得られる。

【0046】色分離素子を短冊状アレイに形成すると、色分離素子は2次光源像を形成するために収束された状態の白色光束を各々色分離し、色分離された2次光源像配列を作るので、色分離光学要素の光軸方向のスペースが小さくなる。各色の分離・反射面は必要な位置にのみ置けば良いので、3つの色分離面からなる色分離素子と比較して誘電体多層膜の面積を小さくできる。

【0047】さらに、赤・緑・青の内の2色を反射し、1色を透過する誘電体多層膜からなる第1のダイクロイックプリズムまたはダイクロイックミラーと、第1のダイクロイックプリズムまたはダイクロイックミラーで反射された2色の光の内1色を、第1のダイクロイックプリズムまたはダイクロイックミラーを透過した光の進行方向と略一致するように反射する第2のダイクロイックプリズムまたはダイクロイックミラーと、第2のダイクロイックプリズムまたはダイクロイックミラーを透過した光を第1のダイクロイックプリズムまたはダイクロイックミラーを透過した光の進行方向と略一致するように反射する、第3のダイクロイックプリズム、ダイクロイックミラー、全反射プリズムまたは全反射ミラーの内いずれか一つと、を複数有し、これらが規則的に配列されている、色分離素子を用いると、光路長差を更に小さくできる。

【0048】3つの色分離面からなる色分離素子は、2次光源像を形成する各光束を一度に色分離する。この色

分離素子においても、各色の光路をずらすことで色分離された2次光源像配列を作ることができる。この構成においては、色分離の際に光学系が折れ曲がり、光路が重複するので光学系の体積を減らすことができる。また、短冊状アレイを作るほどには複雑な加工は不要である。

【0049】平板同士、または三角プリズムと平板とを光学接着剤等を使って全部貼りつけてしまえば、固定用の治具1つ分ですべての光学素子を固定することができるし、本来の用意された反射面以外の境界面における表面反射を防ぎ、そうした表面反射の成分によって引き起こされる混色を抑えることができる。また、光学素子を一体に固定することによって、剛性が増すので反射面のたわみ等の問題を回避できるし、誘電体多層膜を空气中にさらすことによる波長特性変化・反射率低下等の経時変化や落下衝撃等にも強くなる。一体化するために不足する間隔は、透明平板を間に挟んだり、使用する平板の厚みを調整することによって容易に最適化できる。必要ならば研磨によって平板を所定の厚みに加工してもよい。

【0050】一方、赤・緑・青に色分離された2次光源像の配列を作るために、色分離素子を第2のフライアイレンズの出射側に配置しても良い。この場合、実際の2次光源像は白色のままであるが、色分離素子の働きによりマイクロレンズアレイおよび画像表示素子からは見かけ上、色分離された2次光源像があるのと全く同じ状態（仮想的に色分離された状態）となる。

【0051】さらに、第2のフライアイレンズの光源側もしくは出射側の近傍に配置された偏光変換光学素子によって、照明光の利用効率を高め、投影画面をさらに明るくすることができる。また、光束が絞られた位置で光束の数を増やすので、偏光変換後の光路面積は大きくなり、コンパクトな光学系を保つことができる。

【0052】偏光変換光学素子を偏光ビームスプリッタ、および全反射プリズムまたは全反射ミラーに加えて、間隙を作るスペーサーの3種の部材を規則的に短冊状に配列することによって、偏光変換によって増える2次光源像の配置を調整することができ、画像表示素子の画素開口部に集光しやすくなる。

【0053】また、光源部と第1のフライアイレンズとの間に配置され、光源部からの白色光束のP偏光またはS偏光の一方を反射、他方を透過して分離する偏光ビームスプリッタと、偏光ビームスプリッタを透過した偏光成分を再度偏光ビームスプリッタに入射させる反射手段とを有する偏光分離手段をさらに有し、偏光分離手段で分離されたP偏光とS偏光の光束は第1のフライアイレンズに異なる角度で重畳されて照射され、第1のフライアイレンズが作るP偏光とS偏光の2次光源像は、色分離素子が白色光束を色分離する方向とは直交する方向に配列され、P偏光とS偏光の2次光源像が形成される位置の近傍にあって、P偏光とS偏光のどちらか一方の光

路上に配置された偏光軸回転素子をさらに有する構成は、比較的大きい断面積を持つ平行光束の状態では偏光分離を行っていないながら、P偏光とS偏光の各光束の第1のフライアイレンズへの入射角度を異ならせるだけであり、両者の光路はほぼ重なっているため、光学系をコンパクトに保つことができる。また、2次光源像を近づけて配列させることができるので、比較的画素に集光させやすいという利点がある。

【0054】色分離素子が色分離する方向において、2次光源像のスポットサイズと2次光源像の色分離後の配列周期の比が、液晶表示素子の画素開口部のサイズと画素ピッチの比とほぼ等しいか小さくすることによって、マイクロレンズアレイが作る集光スポットが画素開口部に完全に収まるようになるので、集光効率がよくなり、明るい投影画面を得ることができる。また、これは隣の画素に不要な色の光が入らないことになるので、混色による画質低下を防ぐことができる。

【0055】さらに、第2のフライアイレンズの光源側または出射側の近傍に、液晶表示素子の画素開口部の形状と相似の開口を複数設けた遮光マスクを設置することによって、画素開口部に集められない光が存在する場合においても、そのような光を前もって遮光マスクでカットできるので、混色が起きなくなり、画質低下を防ぐことができる。

【0056】

【発明の実施の形態】（実施形態1）本発明の実施形態1を図1から図5を参照しながら、以下に説明する。

【0057】本実施の形態に係る投影型カラー画像表示装置は、図1に示すように、白色光源1、放物面鏡2からなる光源部と、ダイクロイックミラー3R・3G・3Bからなる色分離素子3と、第1のフライアイレンズ4、第2のフライアイレンズ5、フィールドレンズ6、7と、マイクロレンズアレイ8を備えた液晶表示素子9、そして出射側フィールドレンズ10と投影レンズ11からなる投影光学系とを含む。

【0058】なお、図1は液晶表示素子9の画面横方向が紙面に平行になる方向から眺めた図（平面図）である。光源1からの白色光束は、色分離素子3によって赤・緑・青の3原色に角度的に色分離された状態で、液晶表示素子9を照明する。液晶表示素子9の各画素は対応する色成分の光を変調し、変調された光は投影光学系によってスクリーンに投影表示される。

【0059】本実施形態に用いられる液晶表示素子9の表示画面は対角約91mm、画面の縦横比が3:4であり、画素ピッチは縦114μm、横57μmでRGBの各画素が並んだデルタ配列パネルであり、画素数は縦480、横1280である。デルタ配列はAV向け用途によく用いられている画素配列である。本実施の形態で使用する液晶表示素子9は、公知の技術により製造される。

【0060】図2はマイクロレンズアレイ8と液晶表示素子9を表示画面内における画面横方向の断面図である。液晶表示素子9は、ガラス等からなる一対の透明基板12a・12bを有し、この透明基板12a・12b間に液晶材料を封入して液晶層12cを形成すると共に、透明基板12aの対向面側には、R・G・Bで示した各色変調用の画素毎に遮光領域と光の透過する開口部16とを作るBM（ブラックマトリクス）13が形成されている。

【0061】また、透明基板12a・12b間には、上記液晶層12cおよびBM13の他に、図示しないが、液晶を駆動するための電極、TFT素子や配線、配向膜等が設けられており、マイクロレンズアレイ8から液晶表示素子9にかけての光路上の前後には偏光板も配置されている。透明基板12a・12bの基板厚は0.7mmで屈折率nで割った空気換算では約460μmである。画素開口部16は、縦85μm、横41μmの縦長の長方形形状である。

【0062】照明光の利用効率を高めて明るい投影画面を得る為には、この画素開口部16に光が集中するように照明光学系を構成する必要がある。以下、この液晶表示素子9の仕様に合わせて光学系の設計を行った例について説明する。

【0063】白色光源1としては、消費電力100W、ショートアークのメタルハライドランプを用いた。この他にも、白色光源1としてハロゲンランプやキセノンランプ等の光源を使用しても良い。

【0064】放物面鏡2は焦点距離が14mmで焦点位置にランプアークを配置して、直径約65mmの略平行の白色光束が取り出せるようにした。このとき、光の平行度即ち、光線の光軸に対する角度分布は±3度以下であった。白色光源1からの光を略平行にする方法としては、これ以外にも球面鏡の球面中心にランプアークをおき、更にランプアークを焦点に合わせたコンデンサーレンズの組あわせを用いてもよく、所定の平行度が得られれば、これらの各方法が適宜選択される。

【0065】放物面鏡2の光束の出射口にはUV-IRカットフィルタ14が挿入配置され、液晶表示素子9に無用な紫外線および赤外線が入射するのを防いでいる。

【0066】ダイクロイックミラー3R、3G、3Bは透明平板に公知の薄膜コーティング技術によって作製された誘電体多層膜を設けたもので、それぞれ赤、緑、青色の各波長帯の光を選択的に反射するものであって、その他の波長帯の光は透過するようになっており、光源部からの白色光束の進行方向に対してそれぞれ異なる角度で配置されている。

【0067】ダイクロイックミラー3Rからの赤色反射光（以下、R光と称する）は第1のフライアイレンズ4に対して垂直に入射する。ダイクロイックミラー3Gからの緑色反射光（以下、G光と称する）と、ダイクロイ

ックミラー3Bからの青色反射光（以下、B光と称する）は、R光を中心にしてそれぞれ反対方向に角度θmだけ傾けられ、且つ第1のフライアイレンズ4で各色の光束の照射領域が互いに重なり合うように入射する。図1ではダイクロイックミラー3によって色分離された光をそれぞれ、R光を実線、G光を破線、B光を2点鎖線で表わしている。

【0068】図3は第1のフライアイレンズ4の平面図である。第1のフライアイレンズ4は外形寸法が縦15.8mm、横21mmの7つの矩形レンズ4a～4gが図3の様に並んでいる。レンズの縦横の寸法比は液晶表示素子9の画面縦横比3:4に合わせられており、配列は液晶表示素子9の画素配列に合わせられている。

【0069】第2のフライアイレンズ5は図4に示すように、第1のフライアイレンズ4と同数の7つのレンズ5a～5gを持つ。レンズ4a～4gはそれぞれ焦点距離f1が約48mmで、焦点面付近に配置される第2のフライアイレンズ5上に図4中の円で示す位置に2次光源像のスポットを作る。スポットの大きさは入射光の平行度が±3°なので $2 \cdot f1 \cdot \tan 3^\circ \approx 5\text{mm}$ である。

【0070】先に述べたようにR光、G光、B光の入射角度が異なるので、ひとつのレンズにつき、R、G、B3つのスポットが分離して生じ、合計では21個のスポットが形成される。この21個のスポットのうち、レンズ4aが作る3個（3色）のスポットはレンズ5aに入射し、4bが作る3つのスポットはレンズ5bに入射、という様に第1のフライアイレンズ4と第2のフライアイレンズ5は、参照符号の英小文字が同じレンズ同士が対応しており、更に液晶表示素子9の画素配置と相似になるように配列されている。即ち、図3の紙面水平方向に並んだ3つのレンズ4c、4d、4eが作る計9個のスポットは、図4のレンズ5cから5e内に描いた円程度の大きさで、直線上に7mm間隔で並ぶ。同様に、レンズ4a、4bが作る6つのスポット、そして4f、4gが作る6つのスポットについてもそれぞれ水平方向について直線上に7mmずつ等間隔に、対応するレンズ5内に並ぶ。

【0071】又、各グループのスポットを結ぶ直線間の上下方向の距離は14mm離れている。そのために、レンズ4a、4bは図面やや下方向へ、レンズ4f、4gはやや上方向に光を曲げ、レンズ5a、5b、5f、5gで主光線が再び光軸に平行になるように各レンズは上下方向に偏心をつける。水平方向の配列条件を満たすRGBの入射角度の振れ角θmは $f1 \times \tan \theta m = 7\text{mm}$ よりθm=8.3°である。

【0072】以上のように、2次光源像スポットの配列はその色も含めて液晶表示素子9の画素配置と相似にされる。更にスポットの大きさと配列ピッチの比αは、液晶表示素子9の画素開口部の横幅と横方向の画素ピッチ

との比 β に合わせられている。レンズ5a~5gの各レンズは、自分自身のレンズ効果と、第1の集光レンズ6によるレンズ効果により、対応するレンズ4a、4gのレンズ面を液晶表示素子9の表示面に、重ね合わさるように結像する。

【0073】又、第2の集光レンズ7は各スポットからの光束をマイクロレンズアレイ8への入射前に平行化するために置かれている。この為には集光レンズ6の焦点は液晶表示素子9の表示面上に、集光レンズ7の焦点は第2のフライアイレンズ5に略位置合わせられている。これにより液晶表示素子9の表示面で照度分布は平均化される。これはスクリーンに投影される投影画面の照度分布も平均化されることを意味する。

【0074】なお、レンズ5a~5gは3つの2次光源スポットをカバーできる大きさであれば、それぞれの境界を必ずしも接触させる必要はない。本実施形態では1例として、左右方向については境界を接触させ、上下方向については境界を離れた構成としているが、配列はこれに限られない。

【0075】次に、本実施形態のマイクロレンズアレイ8について、説明する。本実施形態におけるマイクロレンズアレイ8は、ガラス等の透明基板の一方の面（本実施の形態では光束の入射側の面）に、六角形のマイクロレンズ15が密に配列されたものであり、液晶表示素子9の透明基板12aに光学接着剤で貼り付けられている。

【0076】図5(a)はマイクロレンズアレイ8のレンズ形状と液晶表示素子9の画素配列との配置関係を示しており、実線が液晶表示素子9の画素の境界、破線がマイクロレンズ15の境界である。

【0077】マイクロレンズ15は、1個のマイクロレンズが液晶表示素子9のR、G、B3画素の大きさに相当する。マイクロレンズの横方向の配列ピッチは、液晶表示素子9の横方向の画素ピッチの3倍の171 μ mに等しく、また、縦方向の配列ピッチは液晶表示素子9の縦方向の画素ピッチと同じ114 μ mであり、液晶表示素子9の画素配列に合わせてデルタ配列となっている。また、各マイクロレンズ15の中心はR画素の画素開口部16の中心に来るようになっている。

【0078】図5(a)に示した、Pを付されたマイクロレンズ15に注目し、その機能を説明する。ダイクロイックミラー3と第1のフライアイレンズ4が作る21個の2次光源像スポットからの光束がPに入射すると、それぞれの光束はPと重なるR画素を中心とする計21個の十字を付けた画素の開口部に独立して集められる。これは、2次光源像のスポットの配列が液晶表示素子9の画素配置と相似で、且つ、2次光源像のスポットの大きさとスポットの配列ピッチとの比 α と、液晶表示素子9の画素開口部の大きさと配列ピッチとの比 β が、 $\alpha \leq \beta$ を満足することによって、マイクロレンズが2次光源

像スポットのできる面を画素の位置に縮小結像することによって実現される。画素開口部に生じる集光スポットは画素開口部の大きさ以下なので、BM13によって遮断されない。故に実質的な集光効率が向上し、明るい投影画面を得ることができる。

【0079】図2には、別の方向から見たマイクロレンズ15による集光の様子を示す。図2は、マイクロレンズ15の内Pを通り紙面内で集光される光、即ち、レンズ4c、4d、4eとレンズ5c、5d、5eからの9本の光のみを描いている。

【0080】紙面内では3色の光が各々3つの方向からPに入射し、対応する色の画素合わせて9個の画素開口部16に集まる。即ち、実線で描いたR光はRを付されたR画素に集まり、破線で描いたG光はGを付されたG画素に集まり、2点鎖線のB光はBを付されたB画素に集まる。同時に、Pに隣接するマイクロレンズ15

(Q)もPと同様に3画素だけずつ同じ様に集光している。また、紙面垂直方向に存在するマイクロレンズ15も同じで、それらも含めると各画素には対応する色の光が7個のマイクロレンズ15から集光され、また各マイクロレンズ15は1色につき7個の画素、3色分で21個の画素に光を集光している。

【0081】このように、R画素にはR光束を、G画素にはG光束を、B画素にはB光束を導くので、白色光束からカラーフィルタで特定の色成分だけを透過させることによる吸収ロスがなく、明るい投影画面を得ることができる。

【0082】各マイクロレンズ15の焦点距離とマイクロレンズ15から画素までの距離は、2次光源像スポットの面からマイクロレンズ15までの距離と縮小倍率によって決定される。本実施形態ではマイクロレンズの焦点距離は約1360 μ m、マイクロレンズ15から画素までの距離は空気換算距離で約1370 μ mである。これは、現在の液晶表示素子に一般に用いられているガラス基板の基板厚さ1.1mmや0.7mm（本実施例）よりも長い。なお、透明基板12aだけでは厚みが不足する場合には、不足分はマイクロレンズアレイ8の基板厚や、厚み調整のための透明基板の追加等で容易に対応できる。

【0083】なお、第2のフライアイレンズ5は各レンズ5a~5gの曲率を変え、更に上下左右方向に偏心させて第1の集光レンズ6の屈折機能を兼ね備えることもできる。この場合には、第1の集光レンズを省略し、第2のフライアイレンズ5の各レンズが、第1のフライアイレンズ4のレンズ面を液晶表示素子9の表示面に重なるように結像して、表示面での照度分布を均一化する。

【0084】以上の構成により、単板式でありながらカラーフィルタレスで、照度分布を均一化し、かつ明るくコンパクトな投影型カラー画像表示装置が実現できる。また、マイクロレンズアレイの設置位置が従来より遠く

なる為、液晶表示素子の透明基板厚を薄くしなくてもよいというメリットがある。なお、マイクロレンズ15の形状は図5(a)のような六角形状の代わりに、図5(b)のように、赤・緑・青の3画素分の大きさに相当する四角形状でも良い。

【0085】(実施形態2)本発明の実施形態2について、図6から図10を参照しながら説明する。なお、実施形態1と同一の部材には同一の参照符号を付記し、その説明は省略する。以降の実施形態においても同様とする。

【0086】図6は本実施形態の投影型カラー画像表示装置の概略構成図であり、図1との主たる相違点は液晶表示素子17にあり、以下に説明する液晶表示素子17の仕様に従って、光学系を修正したものである。

【0087】液晶表示素子17の表示画面は対角約91mm、画面縦横比が3:4で、画素ピッチは縦114 μ m、横38 μ mでRGBの各画素が水平に並んだストライプ配列、画素数は縦480、横640 \times 3(RGB)=1920である。いわゆるVGA(Video Graphics Array)タイプのものである。ストライプ配列はOA機器向けの表示装置等によく使われる。

【0088】画素開口部のサイズは横巾が22 μ m、縦が85 μ mで、実施形態1の液晶表示素子9と比較して、画面サイズは同じだが、画面横方向について画素数が増えたので画素ピッチや開口幅が小さくなっている。

【0089】この液晶表示素子17に合わせて、ストライプ配列に則った2次光源像スポットの配列を作る。図7は本実施形態に用いる第1のフライアイレンズ18、図8は本実施形態に用いる第2のフライアイレンズ19の平面図である。

【0090】第1のフライアイレンズ18は図7に示す様に、縦3行横3列の計9個の矩形レンズ18a~18iが並ぶ。縦横比が略3:4で照明光の有効径65mmに収まるように、レンズ1個の外形寸法は縦12.8mm、横17mmとした。

【0091】第1のフライアイレンズ18が作るR、G、B、計27個の2次光源像スポットは図8中の円で示すように水平方向に9個ずつ、3本の直線上に並び、直線間隔が17mm、水平方向の間隔は17mmの間にRGB3つのスポットが並ぶようにする。このために、レンズ18a~18iの焦点距離f1は31.3mm、R、G、Bの入射ふれ角 θ mを10.3°とした。

【0092】このとき、2次光源像スポットは直径約3.3mm、水平方向の配列ピッチが5.7mmで、液晶表示素子17の画素開口部横幅と画素ピッチの比と同じであり、かつ、液晶表示素子17のストライプ画素配列と相似のスポットが得られる。

【0093】上下方向のスポット位置を調整する為にレンズ18a、18b、18cは上方向へ、18g、18

h、18iは下方向へ光束を曲げ、レンズ19a、19b、19c、19g、19h、19iで主光線が再び光軸に平行になるように、各レンズは上下方向に偏心をつける。

【0094】第2のフライアイレンズ19は縦3行横3列の9個のレンズ19a~19iからなり、横と縦の配列ピッチは共に17mmである。レンズ19a~19iは実施形態1と同様に、第1の集光レンズ20での光の屈折も含めて、対応するレンズ18a~18iを液晶表示素子17の表示面で重なるように結像する。

【0095】図9に示すように、マイクロレンズアレイ22は液晶表示素子17の画素配列に合わせて四角形のマイクロレンズ23が格子状に並んでいる。マイクロレンズ23の大きさは横方向が画素ピッチの3倍、縦方向が画素ピッチと同じでRGB3画素にひとつの割合である。図9において、参照符号Pを付したマイクロレンズ23に注目すると、Pには27の方向から光が入射し、十字をつけた27個の画素開口部に集光スポットを作る。また、一つの画素に注目すると、合計9個のマイクロレンズ23から所定の色の光束1色分が集光されて画素開口部に入る。

【0096】本実施形態の構成においても、実施形態1と同様、照度分布均一化、集光効率向上の効果がある。

【0097】なお、本実施形態のように、ストライプ配列の液晶表示素子を使う場合、マイクロレンズアレイとしてレンチキュラーレンズのアレイを用いて構成することもできる。図10はその場合のレンチキュラーレンズとレンチキュラーレンズの液晶表示素子17に対する配置を説明する図である。

【0098】マイクロレンズアレイは、液晶表示素子17の横画素ピッチの3倍の幅を持つレンチキュラーレンズ24が並んだレンチキュラーレンズアレイ25である。レンチキュラーレンズ24は横方向にしかレンズの機能を持たず、一個のレンズは2次光源像スポットの配列を9本のR、G、Bの縦長の帯状に集光して画素開口部に導く。

【0099】その他の光学系の構成が同じであれば、レンチキュラーレンズ24の焦点距離はマイクロレンズ23の焦点距離と同じであり、集光した光の帯の横幅はやはり横方向の画素開口巾に収まる大きさである。レンチキュラーレンズ24は縦方向には集光を行わないので、一部の光はBMに当たり、集光効率が低下する。従って、上記の例に比べて投影画面が多少暗くなるが、画素が縦長で、縦方向の開口巾が大きいのでロスが少ない。また、四角形のマイクロレンズに比べてマイクロレンズアレイが作りやすいという利点がある。

【0100】本発明に用いるマイクロレンズアレイ及びレンチキュラーレンズアレイの製造方法としては、イオン交換法Appl.Opt.Vol.21,p.1052(1984)、またはElectron.Lett.Vol17,P.452(1981)、膨潤法(鈴木他、“プラスチ

ックマイクロレンズの新しい作製法”第24回微小光学研究会)、熱ダレ法(Zoran D. Popovic et al. “Technique monolithic of microlens arrays”, Appl. Opt. Vol. 27, p. 1281 (1988)、蒸着法(特開昭55-135808号公報)、熱転写法(特開昭61-64158号公報)、機械加工法、特開平3-248125号公報に示されている方法等が利用できる。

【0101】(実施形態3)本発明の実施形態3について、図11から図13を参照しながら説明する。上記の実施形態1や2では各マイクロレンズはひとつの2次光源像スポットをひとつの画素開口部に集光していた。また、上記実施形態では、画素開口部の形状が正方形ではなく縦長なので、巾の小さい方に合わせて光学系を設計した。つまり、画素開口部上には、開口部の横幅とはほぼ同じ直径のスポットが生じており、開口部の縦方向の残りの部分は有効に利用されているとはいえない。実施形態3では、この残りの部分にも光が通過できるように、第1のフライアイレンズが作る2次光源像スポットの配列を変更する。以下、実施形態2を基盤として修正した実施形態3を説明する。

【0102】図11は実施形態3の投影型カラー画像表示装置の概略構成図である。図6の実施形態2からの主たる変更点は第1のフライアイレンズ26、第2のフライアイレンズ27である。

【0103】実施形態3における第1のフライアイレンズ26の平面図は図12のようになり、各レンズ26a~26iの境界線や、焦点距離は実施形態2のものと同一である。しかし、各レンズを上下方向と左右方向の両方に偏心をつけて2次光源像スポットの配列と、第2のフライアイレンズ27の配置を図13のように変更した。即ち、レンズ26aが作る2次光源像スポット28aは、レンズ26dが作る2次光源像スポット28dの側に、レンズ26gが作る2次光源像スポット28gはレンズ26hが作る2次光源像スポット28hの側に、レンズ26iが作る2次光源像スポット28iはレンズ26fが作る2次光源像スポット28fの側に、レンズ26cが作る2次光源像スポット28cはレンズ26bが作る2次光源像スポット28bの側に、それぞれ同色の2次光源像スポットが縦に並び、その重心が液晶表示素子の画素配列と相似になるようにする。

【0104】縦に並べるスポット同士は必要以上に離すとマイクロレンズアレイが画素へ結像する時に画素開口部の縦方向からはみだしてしまう恐れがあるので、なるべく接近するように配置する。

【0105】第2のフライアイレンズ27はこの2次光源像スポットの配列に合わせられている。レンズ27eを中心にしてその上下左右にそれぞれ17mm離れた位置を基準として上下に2つずつレンズがある。レンズ内にR、G、B、3つの2次光源像スポットが入射し、レンズの大きさは3色のスポットをカバーできればよく、スポットや光束がレンズの中心を通らなくとも良い。ま

た、3色の内中心となるR光の主光線が光軸に平行に出射するよう上下方向と左右方向を偏心させる。

【0106】実施形態3に用いるマイクロレンズアレイは実施形態2で用いたマイクロレンズアレイ22と同じである。実施形態3では2次光源像スポットの配列を十字形状に並び変えたので、それぞれのマイクロレンズ23の中心と上下左右の画素開口部に集光される。

【0107】実施形態2で斜め方向の画素に集光されていた光は、上下左右の画素に割り当てたので、結局一つの画素に集められる光量は実施形態2の場合と変わらない。しかし、本実施形態では斜めの位置にあるマイクロレンズ23からの光がなくなるので、液晶表示素子17を通過する光線の、光軸と成す角度が小さくなる。従って、投影光学系に関して、口径の小さいレンズ、言い方をかえるとF値の大きいレンズを利用することができる。一般にF値の小さい、つまり口径の大きいレンズほど高価格になるので、実施形態3によると装置のコストダウンを図ることができる。

【0108】なお、本実施形態に用いる液晶表示素子17は画素開口部の縦方向について2次光源像スポットを通過させる余裕がまだあるので、第1のフライアイレンズ26と第2のフライアイレンズ27のレンズの数を増やして、2次光源像スポットの配列をさらに接近させて、縦に3個以上並べることも可能である。

【0109】(実施形態4)本発明の実施形態4について、図14から図19を参照しながら説明する。なお、ここでは、液晶表示素子として実施形態1のデルタ配列パネルを用いるが、ストライプ配列のパネルに対しても実施形態1から実施形態2への変更と同様の手法で適用が可能である。

【0110】図14は実施形態4における投影型カラー画像表示装置の概略構成図である。実施形態4では、光源部からの略平行な白色光束は、ダイクロイックミラー3はなく、色分離される前に第1のフライアイレンズ4に入射する。第1のフライアイレンズ4は実施形態1と同じものであり、白色の2次光源像スポットが作られる手前の、各光束が十分細くなった位置に色分離光学要素29aが配置される。ここで白色光束が3つの色光束に分離される。

【0111】図15はこの色分離光学要素29aの構造図である。色分離光学要素29aは3種類のプリズム30a、30b、30cからなり、直角プリズム30は三角柱2本を組み合わせて四角柱とし、境界面に誘電体多層膜からなるダイクロイックミラーが設けられている。プリズム30aは黄色反射、プリズム30bは赤色を反射する。プリズム30cは緑色を反射する。既に他の色はプリズム30a、30bで除かれているので、選択反射ミラーでは無く、例えばアルミ膜等を蒸着した全反射ミラーを用いてもよい。プリズム30a、30b、30cの組は液晶表示素子9の画素配置に従って画面横方向

に並び、第1のフライアイレンズ4のレンズの数と配列に合わせて7組並べられている。

【0112】図16はこの色分離光学要素29aの色分離の説明図である。プリズム30a、30b、30cはどれも同じ大きさの正方形で、一辺の長さは、白色の2次光源像スポットの配列の横方向ピッチの $1/3$ とする。

【0113】このとき、白色光束は全て最初にプリズム30aに入射する。プリズム30aの反射面でR成分とG成分は隣接するプリズム30bの方向へ反射され、B成分は反射せずに直進する。次に、プリズム30bではR成分が反射し、B成分と進行方向が揃えられ、G成分は反射せずにプリズム30cへ向かう。最後にプリズム30cでG成分も反射され、B、R成分と進行方向が同じになる。以上のようにプリズム30a、30b、30cがひと組となって、白色光束をR、G、Bの3色の光束に分離する。

【0114】色分離光学要素29aで色分離された光束はそれぞれ第2のフライアイレンズ31のレンズ一つずつに入射する。図17は第2のフライアイレンズ31の平面図である。第2のフライアイレンズ31は21個のレンズからなり、実施形態1に用いた図4の第2のフライアイレンズ5の各レンズ5a~5gを横方向に3分割し、実施形態1との光束の入射角度の違いを補正する為に左右方向に偏心が加えられたものである。従って、第2のフライアイレンズ31の各レンズの焦点距離は、第2のフライアイレンズ5のものと同じである。

【0115】第2のフライアイレンズ31を通過した各光束は、第1の集光レンズ6、第2の集光レンズ、マイクロレンズアレイ8を通して、実施形態1とほぼ同じ条件で、液晶表示素子9に入射する。マイクロレンズアレイ8の各マイクロレンズ15からは、実施形態1と同様に、R、G、Bの色毎に分離された2次光源像スポットが各色7つずつ、合計21個が液晶表示素子9の画素配列と相似形に並んでおり、それぞれは対応する画素開口部に集光される。実施形態1と同様に液晶表示素子9の各画素は対応する色成分を変調し、変調された光は投影光学系によってスクリーンに投影される。

【0116】実施形態4では、2次光源像スポット配列を液晶表示素子9に合わせてデルタ配列にするため、色分離光学要素29aはプリズム30を縦3段分作って交互にずらしている。ストライプ配列の液晶表示素子17に適用する場合には、縦方向に同じ色の画素が並ぶのでプリズム30を縦に長くして縦1段の構造にすることができる。

【0117】また、色分離光学要素として、プリズム30の代わりに、いわゆるクロスダイクロイックプリズムを用いても良い。図18はクロスダイクロイックプリズムを用いた場合の色分離光学要素29bの色分離の説明図である。クロスダイクロイックプリズム32は三角

柱を4つ組み合わせて、四角柱プリズムとなっており、三角柱プリズム同士の境界面に所定の色を反射する誘電体反射膜を設けており、白色光束はクロスダイクロイックプリズム32に入射する。白色光束は3色に分離され、R光は直進、B光とG光はそれぞれ逆方向に反射する。ダイクロイックプリズム32の両側には薄膜全反射ミラーを設けた反射プリズム33が形成されており、B光及びG光を反射し、色分離したR、G、B3色の進行方向を揃える。

【0118】色分離光学要素29aにおいて、R光が入射する白色光に対してずれて出射するので、図14ではそれ以降の光学素子の光軸をずらしているが、色分離光学要素29bを使った場合には、白色光に対してR光がずれないので、それ以降の光学素子の光軸をずらす必要はない。

【0119】また、色分離光学要素29aや29bは図19の様に第2のフライアイレンズの後に置いてもよい。この場合は第2のフライアイレンズは実施形態1で用いた第2のフライアイレンズ5が利用できる。色分離光学要素29aや29bはプリズムを並べたものの他に、平板のダイクロイックミラーや全反射ミラーを同様の色分離・反射が行えるように構成し支持部材で固定して形成することも可能である。

【0120】実施形態4の構成においても、照度分布均一化、集光効率向上の効果が得られ、コンパクトな光学系で実現できるのもこれまでの実施形態と同じである。

【0121】(実施形態5)本発明の実施形態5について、図20から図22を参照しながら説明する。なお、ここでは、液晶表示素子として実施形態1のデルタ配列パネルを用いるが、ストライプ配列のパネルに対しても実施形態1から実施形態2への変更と同様の手法で適用が可能である。

【0122】図20は実施形態5における投影型カラー画像表示装置の概略構成図である。実施形態5では、光源部からの略平行な白色光束は、ダイクロイックミラー3ではなく、色分離される前に第1のフライアイレンズ4に入射する。第1のフライアイレンズ4は実施形態1と同じものであり、白色の2次光源像スポットが作られ、第2のフライアイレンズ5に入射する。R、G、Bへの色分離は第1の集光レンズ6と第2の集光レンズ7の間に配置した色分離素子34によって行われる。

【0123】色分離素子34は三角プリズム35の反射面36に誘電体多層膜からなるダイクロイックミラーが設けられている。反射面36aはG光を反射し、反射面36bはR光を反射し、反射面36cはB光を反射する。但し、反射面36cについては、既に他の色は36a、36bで反射して除かれているので、選択反射ミラーでは無く、例えばアルミ膜等を蒸着した全反射ミラーを用いてもよい。

【0124】反射面36a、36b、36cの各面は透

明基板37によって所定の面間隔を設け、色毎に反射面を異ならせているので、マイクロレンズアレイ8や液晶表示素子9の位置からは、見掛け上、画面横方向でR、G、Bに色分離された2次光源像スポットが配列しているのと同じことになる。本願明細書においては、上記の状態を仮想的に色分離された状態と呼ぶ。マイクロレンズアレイ8は液晶表示素子9の各画素の画素開口部に所定の色の光を集光するので、実施形態1と同様に明るい投影画像が得られる。

【0125】実施形態5の色分離素子は、図21のように、平板ダイクロイックミラー38をそれぞれ独立して置いてもよいし、図22(a)のように、厚み調整をした平板ダイクロイックミラー38同士を貼りあわせたり、図22(b)のように平板ダイクロイックミラー38の間に、間隔を保つための透明基板37を貼りあわせて一体化してもよい。

【0126】また、実施形態5の色分離素子は図23の様に、第1のフライアイレンズと第2のフライアイレンズの間の光路に色分離素子34を配置することもできる。この場合、各反射面36の間隔は色分離された2次光源像スポットが所定の間隔で配列するように調整され、第2のフライアイレンズは第4の実施形態のように第1のフライアイレンズの3倍の数のレンズを有するものを使えばよい。

【0127】(実施形態6)本発明の実施形態6について、図24から図28を参照しながら説明する。実施形態6は、実施形態1から実施形態5のそれぞれの投影型カラー画像表示装置の光学系に、偏光変換光学素子を追加することで更に明るい投影画面を得るものである。

【0128】図24に偏光変換光学素子の構造、図25に偏光変換光学素子の偏光変換における光の経路を示す。偏光変換光学素子39は図24に示す様に、四角柱のPBSプリズム40と反射プリズム41を縦方向に交互に並べ、反射プリズム41の一面に1/2波長板42を設けている。PBSプリズム40に入射したランダム偏光の光束は、図25に示す様に、S波成分が反射され進行方向を90度曲げて、対をなす反射プリズム41に向かい、P波成分はそのまま通過してPBSプリズム40の出射面から出射する。S波成分は反射プリズム41で反射し、PBSプリズム40を通過したP波成分と同じ方向に向けられる。更に反射プリズム41の出射面に貼り付けられた1/2波長板42で偏光軸が90度回転し、PBSプリズム40を通過したP波成分の偏光軸に揃えられる。PBSプリズム40と反射プリズム41の寸法や組み合わせの数は、元の2次光源像スポットの配置に応じて決められる。偏光変換光学素子39により2次光源像スポットの数は2倍に増えるが、このときにも2次光源像スポットの配列が、その色も含めて、使用する液晶表示素子の画素配列と相似になるように設定される。

【0129】図26は偏光変換光学素子39を実施形態2の投影型カラー画像表示装置に追加した時の概略構成図である。偏光変換光学素子39は、図24の様にPBSプリズム40と反射プリズム41が3組並んでおり、実施形態2の第1のフライアイレンズ18の作る2次光源像スポットの縦方向配列ピッチ17mmに合わせて各プリズムの一辺の長さは8.5mmである。偏光変換光学素子39は第2のフライアイレンズ43の入射側に配置した。

【0130】図27は偏光変換光学素子39を通過した後の2次光源像スポットの配列と、対応する第2のフライアイレンズ43のレンズ位置の対応を示す平面図である。第1のフライアイレンズ18が9個のレンズを持ち、R、G、B3色の光束が異なる角度で入射、さらに偏光変換光学素子39を通るので、合計54個の色別の2次光源像スポットが生じている。

【0131】図27の白丸はPBSプリズム40で反射されずにそのまま出射してできる2次光源像スポット、黒丸はPBSプリズム40で反射し、反射プリズム41で反射、出射し、1/2波長板42を通過してできる2次光源像スポットである。このとき、白丸と黒丸の2次光源像スポットそれぞれの縦方向の配列間隔は共に17mmで、白丸と黒丸間はその半分の8.5mmである。

【0132】第2のフライアイレンズ43は、図27の様に18個のレンズを持ち、各レンズに第1のフライアイレンズ18と偏光変換光学素子39が作る3個(3色)の2次光源像スポットが入射し、液晶表示素子17g画面上に重ねあわせられる。実施形態6においても、マイクロレンズアレイの働きにより液晶表示素子17の画素開口部に2次光源像が結像するが、実施形態2との違いは、1個のマイクロレンズが縦長の画素開口部に図27の白丸と黒丸の2次光源像スポットを1個ずつ導くことである。そのために、第2のフライアイレンズ43以降の光学系の光軸を縦方向に平行移動している。つまり、第2のフライアイレンズ43より以前の光学系は図27の点Cが光軸上であったものを、第2のフライアイレンズ43以降の光学系の光軸を点C'、即ち白丸の2次光源像スポットと、偏光変換光学素子39で複製された黒丸の2次光源像スポットの重心に位置するようにする。

【0133】実施形態6では、液晶表示素子17の画素開口部の縦幅が85μmであり、白丸と黒丸の2次光源像スポットが8.5mm離れていても、マイクロレンズによる縮小結像の結果、1個の画素開口部に入りきることができる。

【0134】しかし、場合によっては偏光変換光学素子39で作られるスポット同士が縦方向に等間隔に生じたのでは、距離が離れすぎて画素開口部を通過できなくなることがあり、それを回避するためにスポットの間隔を短縮する必要がある。そのためには、図28(a)の様

にPBSプリズム44と反射プリズム45の他に、スペーサー四角柱46を追加した偏光変換光学素子48を使えばよい。

【0135】PBSプリズム44と反射プリズム45は、PBSプリズム40、反射プリズム41と機能は同等であるが、1辺の長さを短くし、スペーサー四角柱46と合わせた3つの合計が2次光源スポットの配列ピッチに合うように作る。偏光変換光学素子48の光の経路は図28(b)のようになる。

【0136】図29は偏光変換光学素子48による2次光源像スポットの配列である。偏光変換光学素子39と比較すると、PBSプリズム44と反射プリズム45が小さくなったことにより、二つに分かれる2次光源像スポット間の距離が縮まるが、その重心の配列は変化しない。従って、スペーサー四角柱のない偏光変換光学素子39よりも画素開口部に光を集中させることができる。2次光源像スポットの配列変化に従って第2のフライアイレンズのレンズ形状も調整される。

【0137】PBSプリズム44や反射プリズム45の大きさは2次光源像スポットの大きさを基準にぎりぎりまで小さくすることができる。即ちPBSプリズム44の入射面や出射面及び反射プリズム45の出射面でケラレの起きない限り、小さくすることができる。なお、スペーサー四角柱46は、遮光体で作るか反射膜を設けて光が透過しないようにするのが望ましい。スペーサー四角柱46を通過する光は表示に寄与せず、むしろ、液晶表示素子のBMに光が当たったり、ある画素に別の色の光が紛れ込んで混色の原因となるからである。また、実施形態3の様に短冊アレイ状の場合、色分離素子における色分離と偏光変換の順序を逆にすることもできる。

【0138】本実施形態では、元がランダム偏光であった白色光源の光を直線偏光に揃えることにより、表示に用いられる直線偏光が液晶表示素子の偏光板に遮られることがなくなり、画像投影に利用できる光量が増えるので、実施形態5までの構成に比べて更に明るい投影画面を得ることができる。勿論、照度分布改善の効果や光学系をコンパクトに構成できる利点は、これまでの実施形態と何ら変わりがない。

【0139】1/2波長板42は、反射プリズム41でなくPBSプリズム40の出射面の方に貼り付けて、偏光方向を揃えても構わない。これは以下の実施形態においても同様である。

【0140】(実施形態7) 本発明の実施形態7について、図30から図32を参照しながら説明する。実施形態7は、実施形態6と同様、投影型カラー画像表示装置の光学系に、偏光変換光学素子を追加することで更に明るい投影画面を得るものである。

【0141】図30は本実施形態の投影型カラー画像表示装置の構成図である。但し、図30はこれまでの投影型カラー画像表示装置の構成図と異なり、液晶表示素子

の画面縦方向が紙面に平行になる方向から眺めた図面である。

【0142】光源部からの白色平行光束はまずPBS49に入射する。白色光束はランダム偏光であり、PBS49の偏光分離反射面50でS偏光光束51を反射し、偏光反射分離面50に対してくさび状に設けられた第2の反射面52で残りのP偏光光束53が反射し、S偏光光束51とP偏光光束53は第1のフライアイレンズ18で重なりあうように入射する。S偏光光束51とP偏光光束53は共に略平行光束のままであるが、互いの主光線の角度が $\theta m 2$ だけ異なっているので第1のフライアイレンズ18の各レンズ18a~iはS偏光の2次光源像スポットとP偏光の2次光源像スポットを別々の位置に作り出す。ここでは第2のフライアイレンズ54上で画面縦方向に間隔5mmで分かれるように $\theta m 2$ は約 9° とした。

【0143】それぞれの光束は図31で示すように、第2のフライアイレンズ54に入射する前に色分離光学要素55に入射する。S偏光光束の通過域には帯状に1/2波長板を設けて偏光方向を揃える。図31では、1/2波長板56を色分離光学要素55の入射側の面に設けているが、色分離光学要素55の出射側に設けてもよい。

【0144】色分離光学要素55は、白色光束を画面横方向に対してR、G、Bの3色に色分離する。図32の様に、第2のフライアイレンズ54は27個のレンズを持ち、54個の色別の2次光源像スポットの光束が入射する。さらに各光束は第2のフライアイレンズ54、第1の集光レンズ20、第2の集光レンズ21、マイクロレンズアレイ22を通過して液晶表示素子17の画面で重なり合い、2次光源像スポットは画素開口部に集光される。

【0145】本実施形態も偏光変換により更に高い集光効率を実現し、明るい投影画面を得ることができる。その他の効果はこれまでの実施形態と同様である。

【0146】また、第1のフライアイレンズの各レンズが作る2つの2次光源像スポット間の距離は $\theta m 2$ の調整により接近させることができるので、実施形態6の様に短冊アレイ状の偏光変換光学素子よりもさらに画素開口部に密にスポットを配列することが可能である。第1のフライアイレンズの後に第2のフライアイレンズ、その次に色分離光学要素といった配置にしてもよく、その場合は第2のフライアイレンズの形状はこれまでの実施形態に従って適時変更される。

【0147】また、色分離の方法は上記のような色分離光学要素の代わりに実施形態4で用いた色分離素子も利用できるし、先の実施形態の説明に従えばデルタ配列の液晶表示素子に容易に対応できる。

【0148】(実施形態8) 実施形態1から7までの基本構成は、使用する液晶表示素子の画素配列に合わせて

色分離・配列された2次光源像スポットを光学系の途中に作り、このスポット面をマイクロレンズによって結像することで液晶表示素子の画素開口部に所定の色の光を集光するものである。しかし、迷光やレンズの収差などの理由で、一部のスポットが所定の大きさに収まらない場合がある。この場合、液晶表示素子のBMにも光が当たり不要な温度上昇を引き起こすので光源に使用できる出力光束量の上限が下がってしまうことがある。また、単板方式の投影型画像表示装置では、目標の画素開口部をはみ出して更に隣の画素開口部に光が入った場合、特に画面横方向の隣接画素はデルタ配列、ストライプ配列の双方とも異なる色の画素であるので、混色が生じ、投影画像の色再現性が著しく低下してしまう場合がある。

【0149】そこで、本実施形態では、前記各実施形態における2次光源像スポットの集光面付近、より正確にはマイクロレンズアレイの各マイクロレンズが液晶表示素子の画素開口部に結像する物面にBM相当の遮光マスクを設ける。これにより、液晶表示素子の温度上昇や混色の元となる光成分を遮断し、液晶表示素子の画素に到達することを防ぐことができる。

【0150】本発明の実施形態8について、図33から図36を参照しながら説明する。実施形態8は実施形態1から7のそれぞれの投影型カラー画像表示装置の光学系のいずれにも適用できる。

【0151】図33は実施形態1のデルタ配列の液晶表示素子を用いた投影型カラー画像表示装置に適用したときの概略構成図であり、遮光マスク57が、2次光源像スポットの生じる位置の近傍、第2のフライアイレンズ5の出射側の面に追加配置されている。実施形態1の様に、使用する光学系が遮光マスクの位置で既にR、G、Bに色分離されている場合は、液晶表示素子の画素開口部も含めて相似形状のマスクを使用する。つまり、配列ピッチと開口部の両方の相似比率が一致する遮光マスクを用いる。

【0152】また、実施形態5の様に、遮光マスクを置く位置、つまり2次光源像スポットの生じる近傍では色分離されずに白色である場合は、色分離された時に一致するように、開口部の数を減らす。

【0153】図34はデルタ配列の液晶表示素子9の場合、図35はストライプ配列の液晶表示素子17の場合の遮光マスクの例である。図34(a)、図35(a)は遮光マスクの位置が色分離後の場合の遮光マスク、図34(b)、図35(b)は色分離前の場合の遮光マスクである。実施形態8の遮光マスク57は、図34(a)の遮光マスクのタイプである。

【0154】実施形態2の様にストライプ配列の液晶表示素子にマイクロレンズアレイとしてレンチキュラーレンズを用いた場合には、レンチキュラーレンズに縦方向の集光能力がないので、遮光マスクも図36のように縦方向に開口部が連結したストライプ状のものを使用して

もよい。この場合、BMへの光照射と温度上昇は一部しか防げないが、混色防止の効果をあげることができる。

【0155】実施形態1から7のいずれにも遮光マスクを追加して混色や液晶表示素子の不要な温度上昇を防ぐことができる。

【0156】上記の実施形態では、液晶表示装置を例に本発明を説明したが、本発明は、画素構造を有する透過型の表示装置であれば、液晶表示素子以外の画像表示素子にも適用可能である。

【0157】本実施形態1から8においてRGBの色分割を横方向に、それと直交する縦方向にP偏光とS偏光の分離を行うのは、使用した液晶表示素子の画素配列に合わせたからであり、もしも縦方向にRGBが順次繰り返す画素構造であれば、色分離光学要素や色分離素子、偏光変換光学素子の向きもそれに従って変更すればよい。マイクロレンズの画素に対する配置は、R画素を中心に固定する必要はなく、他の色の画素を中心に設定してもよい。

【0158】第2のフライアイレンズと第1の集光レンズの2つで液晶表示素子の画面に重なりあうように照明される様にしたが、第1の集光レンズは必ずしも必要ではなく、第2のフライアイレンズの各レンズの曲率と偏心を調整することで、第1の集光レンズなしで同じ集光状態を作ることにも可能である。

【0159】色分離と偏光変換の順序は、実施形態1から7で説明したような組み合わせがあるが、ダイクロイックミラーによる色分離はP偏光とS偏光とで波長特性が異なるのが普通なので、まず最初に偏光変換を行って偏光方向を描えてから色分離を行った方がより正確な色分離ができ投影画像の色再現性も向上することができる。

【0160】偏光変換素子において偏光方向を描えるには実施形態の1/2波長板の他に液晶の旋光による偏光軸の回転を利用することもできる。また、偏光の分離には実施形態のPBSプリズムの代わりに偏光選択反射板(3M社製のDBEFなど)を反射面に配置しても同等の機能を果たすことができる。

【0161】上述の実施形態においては、短冊アレイ状の色分離光学要素もしくは偏光変換光学素子として、三角柱を2つ組み合わせて四角柱とし、更にその四角柱を並べて作る例を挙げたが、これらに限られない。例えば、図37(a)、(b)、(c)に示すように、反射面としない境界面を接合してできる平行四辺形状やその他の所定の四角形の柱状体を並べて作ってもその機能は同等である。図37(a)および(b)は色分離光学要素、(c)は偏光変換光学素子の例である。

【0162】

【発明の効果】上述したように、本発明によれば、光源部からの白色光束は第1と第2のフライアイレンズの所定の組あわせにより画像表示素子への照度分布、結果的

に投影画像の照度分布を均一化することができる。同時に、第1と第2のフライアイレンズと組み合わせた色分離素子によって、赤・緑・青の3色に色分離した2次光源像のスポットの配列は、マイクロレンズアレイによって画像表示素子の各画素の開口部に集光されるので、明るい投影画像を得ることができる。さらに、偏光変換により照明光の利用効率を高め、更に明るい投影画像を得ることもでき、しかもこれらはコンパクトな光学系で実現できる。

【0163】本発明の投影型カラー画像表示装置は、投影型カラー液晶テレビジョンシステムや情報表示システムに好適に適用される。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施形態1の投影型カラー画像表示装置の概略構成図である。

【図2】図1に示す投影型カラー画像表示装置に備えられたマイクロレンズアレイと液晶表示素子の断面図である。

【図3】図1に示す投影型カラー画像表示装置に備えられた第1のフライアイレンズの平面図である。

【図4】図1に示す投影型カラー画像表示装置に備えられた第2のフライアイレンズの平面図である。

【図5】図1に示す投影型カラー画像表示装置に備えられたマイクロレンズアレイのレンズ形状と液晶表示素子の画素配置との関係を説明する図である。

【図6】本発明の実施形態2の投影型カラー画像表示装置の概略構成図である。

【図7】図6に示す投影型カラー画像表示装置に備えられた第1のフライアイレンズの平面図である。

【図8】図6に示す投影型カラー画像表示装置に備えられた第2のフライアイレンズの平面図である。

【図9】図6に示す投影型カラー画像表示装置に備えられたマイクロレンズアレイと液晶表示素子の画素の配置対応を説明する図である。

【図10】図6に示す投影型カラー画像表示装置に備えられた別の方式のマイクロレンズアレイと液晶表示素子の画素の配置対応を説明する図である。

【図11】本発明の実施形態3の投影型カラー画像表示装置の概略構成図である。

【図12】図11における第1のフライアイレンズの平面図である。

【図13】図11における第2のフライアイレンズの平面図と2次光源像スポット位置の説明図である。

【図14】本発明の実施形態4の投影型カラー画像表示装置の概略構成図である。

【図15】図14における色分離光学要素の構成図である。

【図16】図14における色分離光学要素による色分離の模式図である。

【図17】図14における第2のフライアイレンズの平

面図である。

【図18】本発明の実施形態4の投影型カラー画像表示装置に備えられた別の方式の色分離光学要素による色分離の模式図である。

【図19】本発明の実施形態4の投影型カラー画像表示装置の別配置の概略構成図である。

【図20】本発明の実施形態5の投影型カラー画像表示装置の概略構成図である。

【図21】本発明の実施形態5の別の色分離素子の構成図である。

【図22】本発明の実施形態5の別の色分離素子の構成図である。

【図23】本発明の実施形態5の投影型カラー画像表示装置の別配置の概略構成図である。

【図24】本発明に用いられる偏光変換光学素子の概略構成図である。

【図25】図24における偏光変換光学素子の偏光変換の模式図である。

【図26】本発明の実施形態6の投影型カラー画像表示装置の概略構成図である。

【図27】図26における第2のフライアイレンズの平面図と2次光源像スポットの配列を説明する図である。

【図28】別の偏光変換光学素子の概略構成図と偏光変換の模式図である。

【図29】図28の偏光変換光学素子による2次光源像スポットの配置変化を示す図である。

【図30】本発明の実施形態7の投影型カラー画像表示装置の概略構成図である。

【図31】図30における色分離光学要素近傍の光の進み方を説明する図である。

【図32】図30における第2のフライアイレンズの平面図と2次光源像スポットの配列を説明する図である。

【図33】本発明の実施形態8の投影型カラー画像表示装置の概略構成図である。

【図34】デルタ配列の液晶表示素子用の遮光マスクの平面図である。

【図35】ストライプ配列の液晶表示素子用の遮光マスクの平面図である。

【図36】ストライプ配列の液晶表示素子用の別の遮光マスクの平面図である。

【図37】短冊アレイ状の色分離光学要素や、偏光変換光学素子の別の構成方法を説明する図である。

【図38】従来のカラーフィルタレス単板式カラー画像投影表示装置の概略構成図である。

【図39】従来のカラーフィルタレス単板式カラー画像投影表示装置の液晶表示素子断面と、マイクロレンズによる画素開口部への集光を説明する図である。

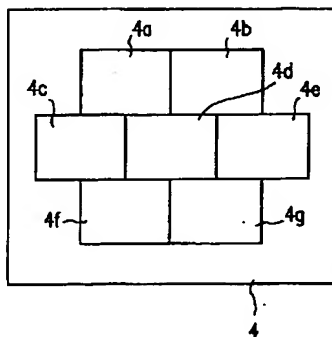
【符号の説明】

1 白色光源（光源部）

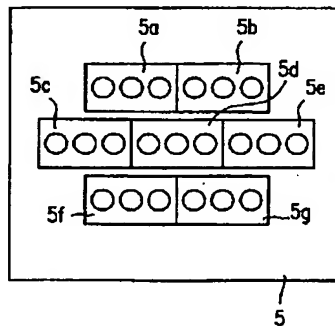
2 放物面鏡（光源部）

- 3 (3R、3G、3B) ダイクロイックミラー
 4 (4a~4g) 第1のフライアイレンズ
 5 (5a~5g) 第2のフライアイレンズ
 6 フィールドレンズ (第1の集光レンズ)
 7 フィールドレンズ (第2の集光レンズ)
 8 マイクロレンズアレイ
 9 液晶表示素子 (デルタ配列)
 10 出射側フィールドレンズ (投影光学系)
 11 投影レンズ (投影光学系)
 12a、12b 透明基板
 12c 液晶層
 13 BM (ブラックマトリクス)
 14 UV-IRカットフィルタ
 15 マイクロレンズ
 16 画素開口部
 17 液晶表示素子 (ストライプ配列)
 18 (18a~18i) 第1のフライアイレンズ
 19 (19a~19i) 第2のフライアイレンズ
 20 第1の集光レンズ
 21 第2の集光レンズ
 22 マイクロレンズアレイ
 23 マイクロレンズ
 24 レンチキュラーレンズ
 25 レンチキュラーレンズアレイ (マイクロレンズアレイ)
 26 (26a~26i) 第1のフライアイレンズ
 27 (27a~27i) 第2のフライアイレンズ
 28a~28i 2次光源像スポット
 29a、29b 色分離光学要素
 30a~30c ダイクロイックプリズム
 31 第2のフライアイレンズ
 32 クロスダイクロイックプリズム
 33 反射プリズム
 34 色分離素子
 35 三角プリズム
 36 (36a、36b、36c) 反射面
 37 透明基板
 38 平板ダイクロイックミラー
 39、48 偏光変換光学素子
 40、44 PBSプリズム
 41、45 反射プリズム
 42、47 1/2波長板
 43 第2のフライアイレンズ
 46 スペーサー四角柱
 49 PBS (偏光ビームスプリッタ)
 50 偏光分離反射面
 51 S偏光光束
 52 第2の反射面
 53 P偏光光束
 54 第2のフライアイレンズ
 55 色分離光学要素
 56 1/2波長板
 57 遮光マスク
 101 白色光源
 102 球面反射鏡
 103 コンデンサーレンズ
 104R、G、B ダイクロイックミラー
 105 マイクロレンズアレイ
 106 マイクロレンズ
 107 液晶表示素子
 107a、107b 透明基板
 107c 液晶層
 108 フィールドレンズ
 109 投影レンズ
 110 スクリーン
 111 BM (ブラックマトリクス)

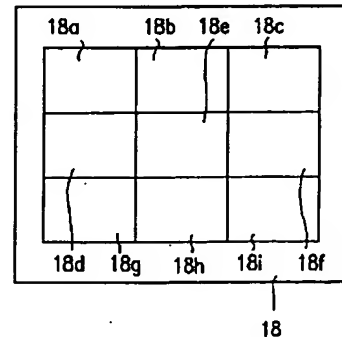
【図3】



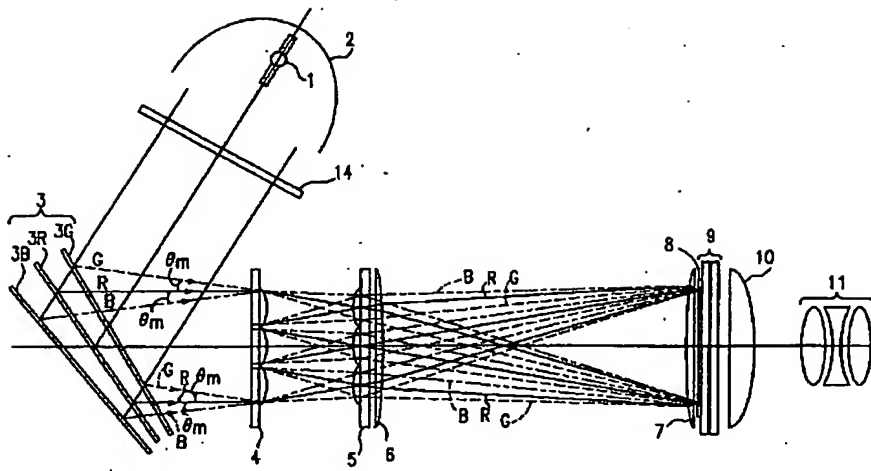
【図4】



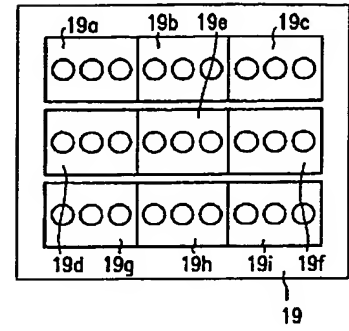
【図7】



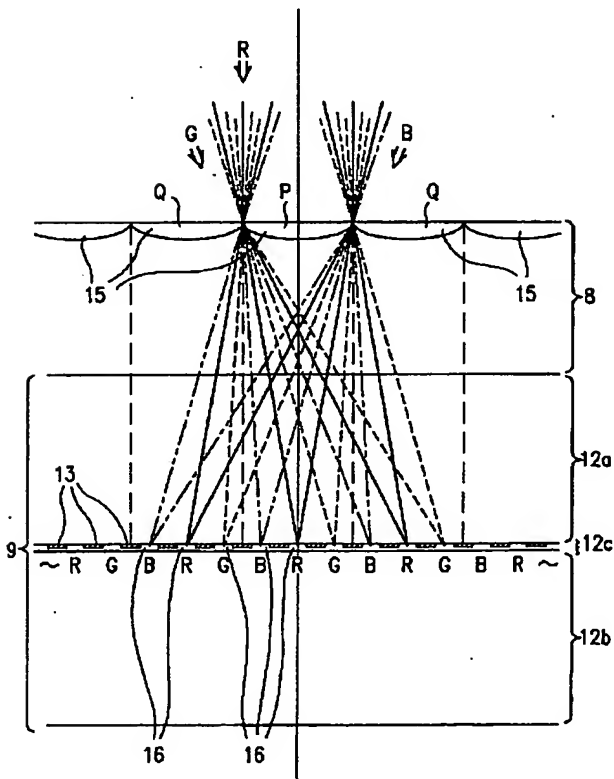
【図1】



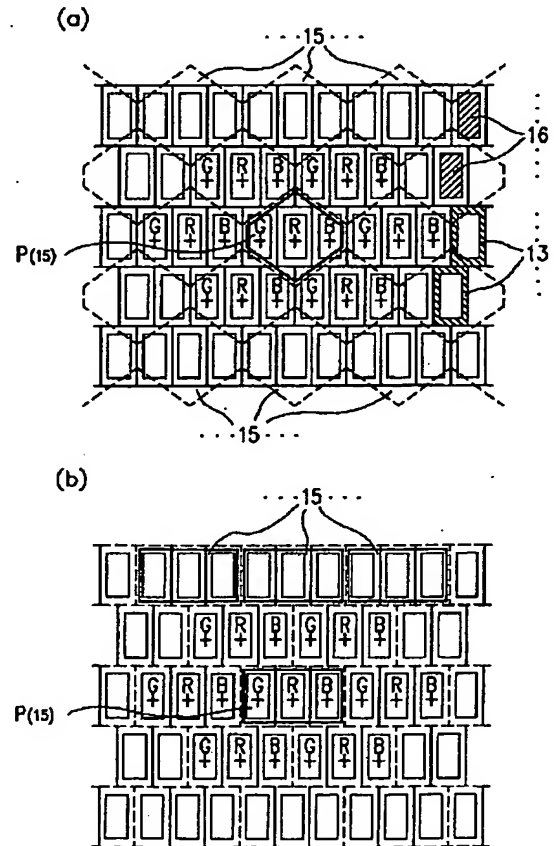
【図8】



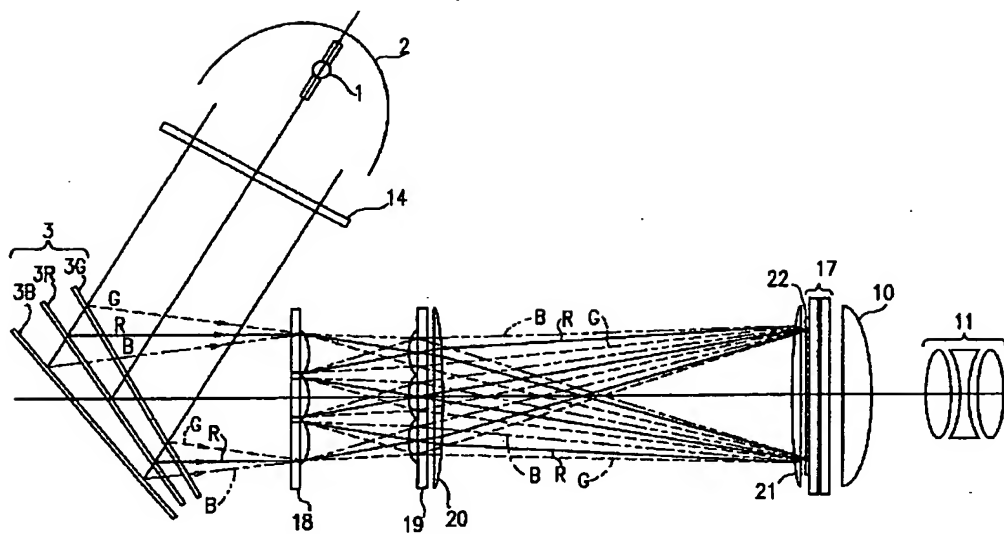
【図2】



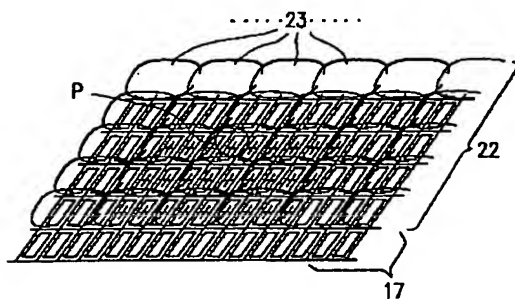
【図5】



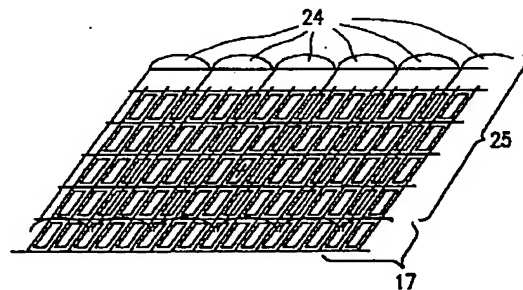
【図6】



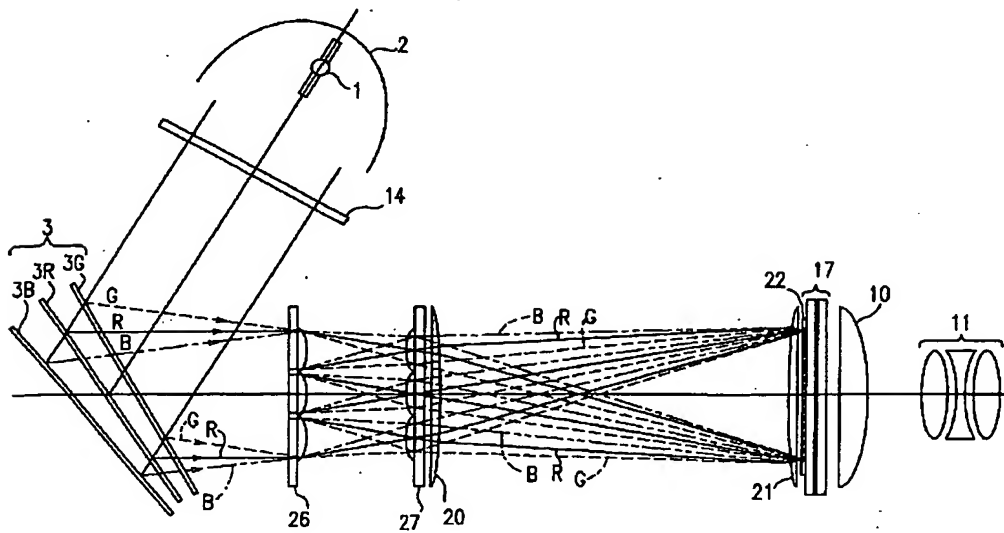
【図9】



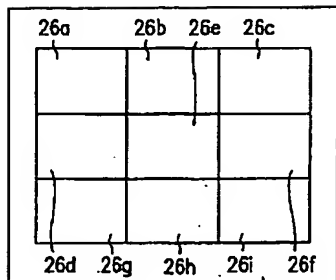
【図10】



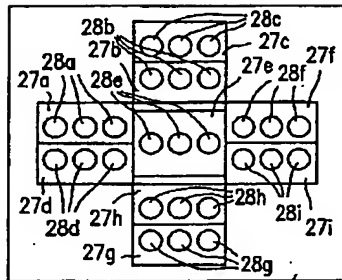
【図11】



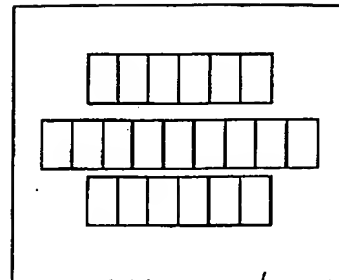
【図12】



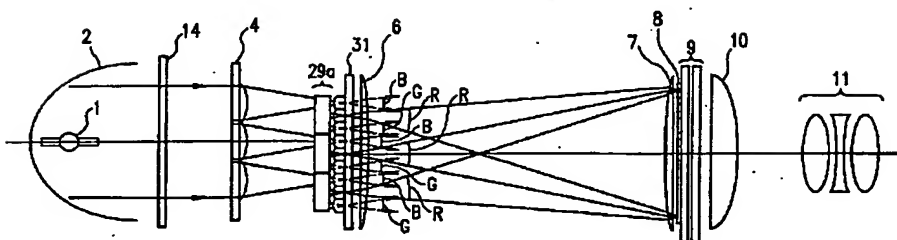
【図13】



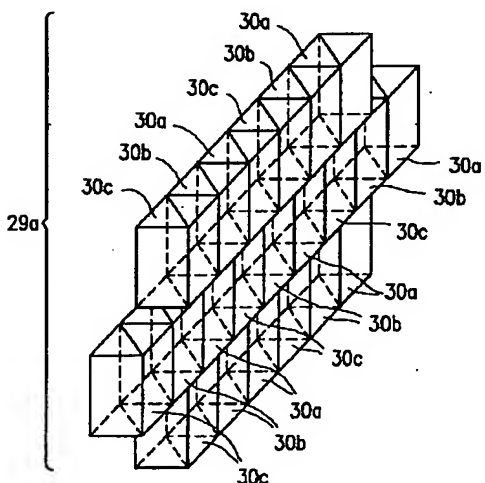
【図17】



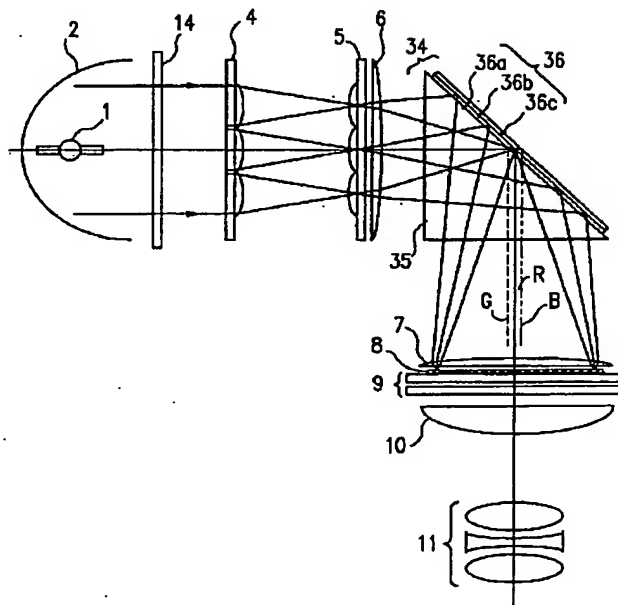
【図14】



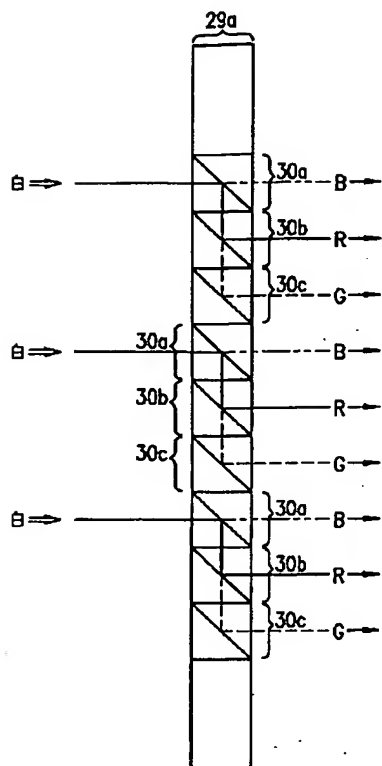
【図15】



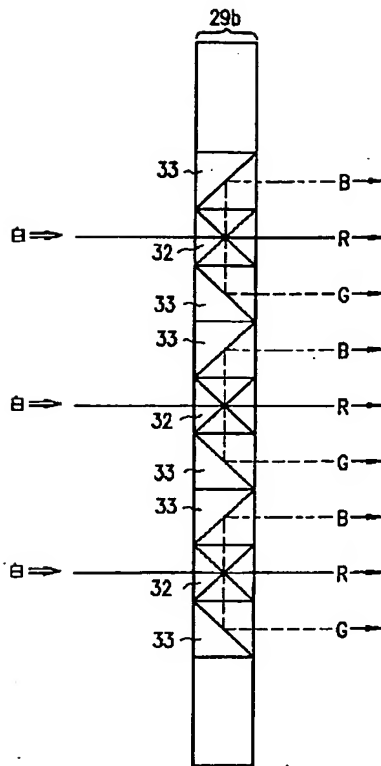
【図20】



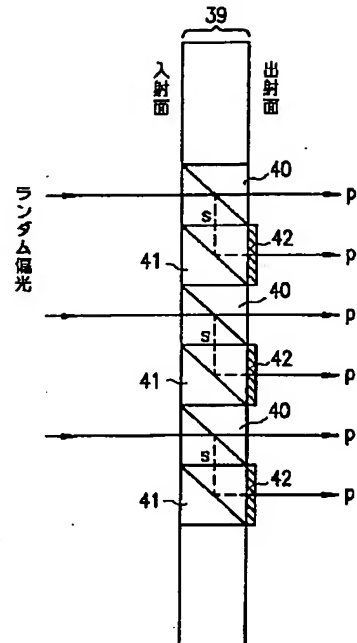
【図16】



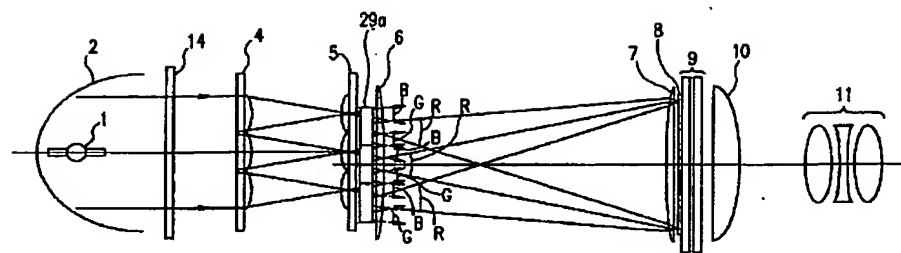
【図18】



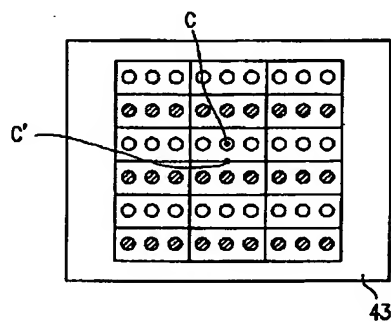
【図25】



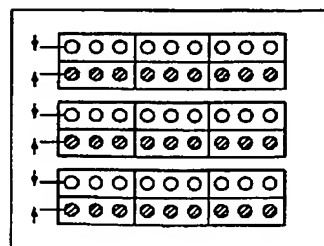
【図19】



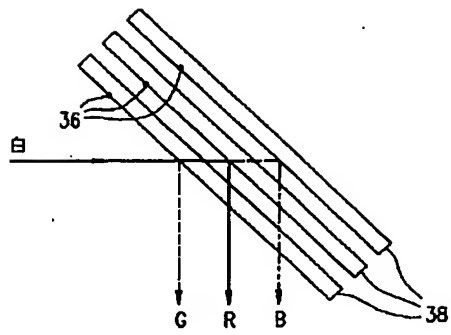
【図27】



【図29】

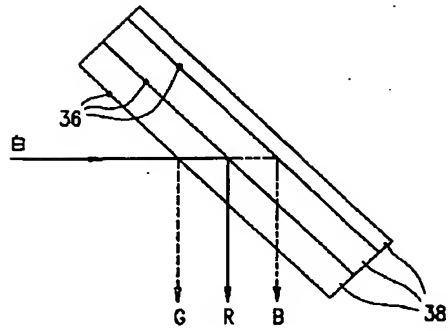


【図21】

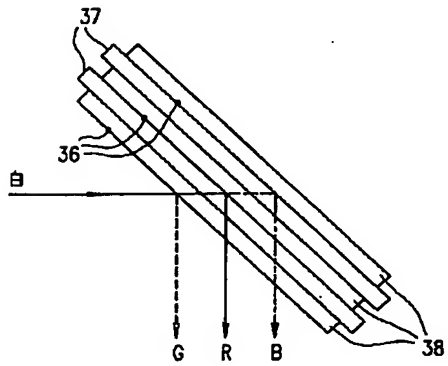


【図22】

(a)

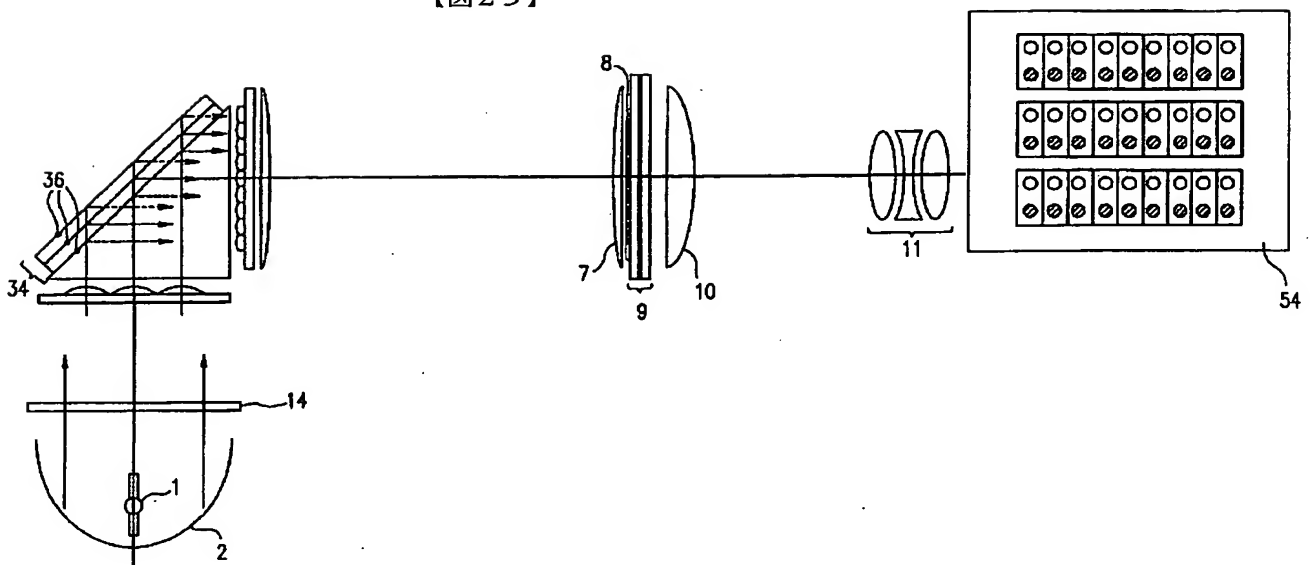


(b)

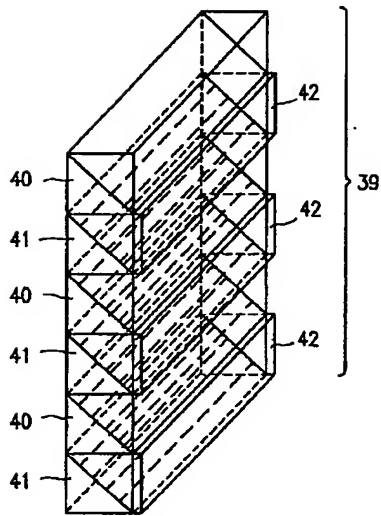


【図32】

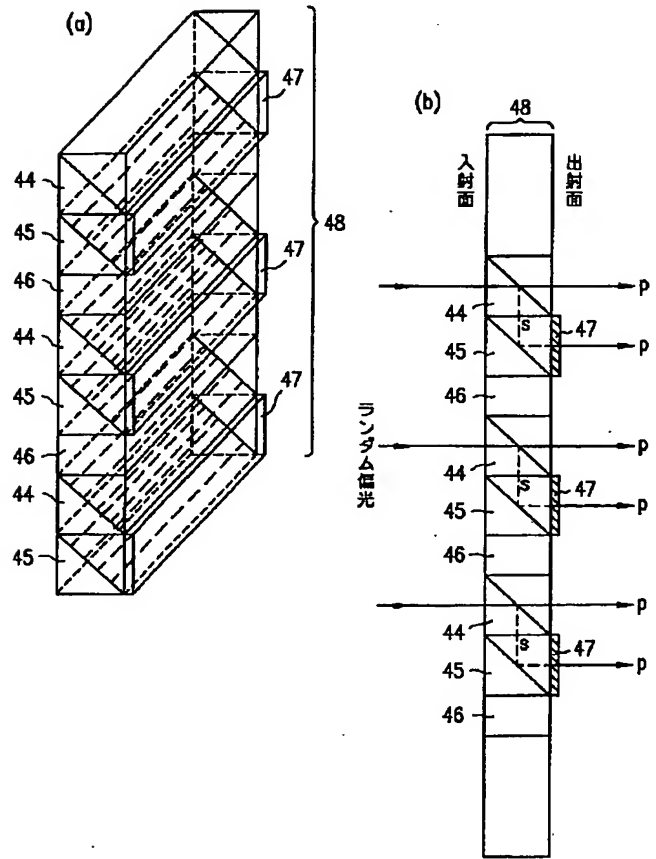
【図23】



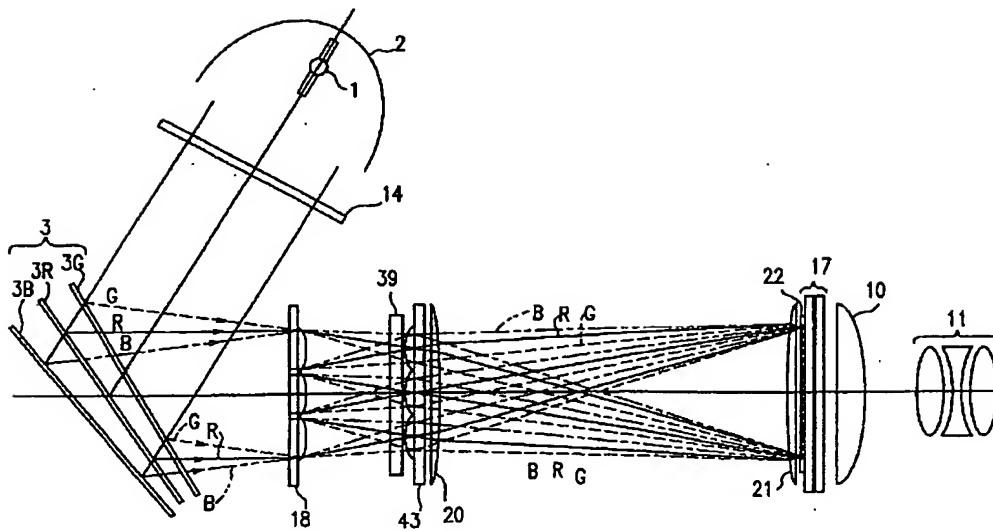
【図24】



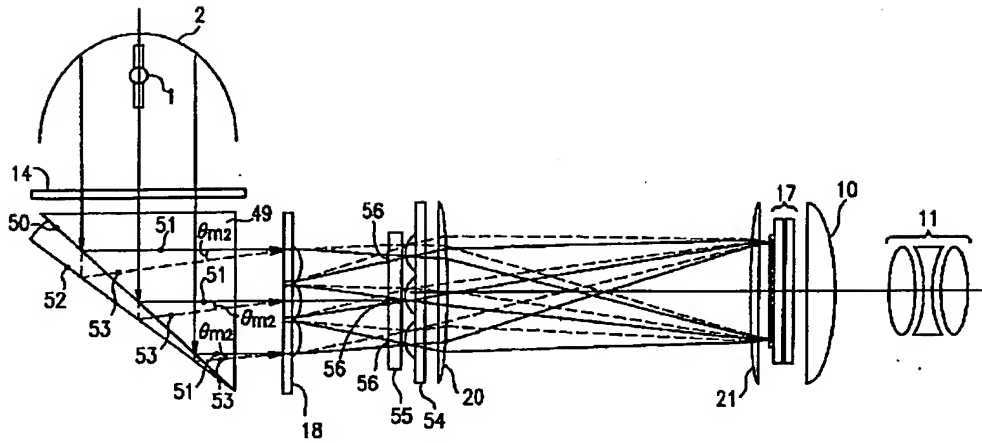
【図28】



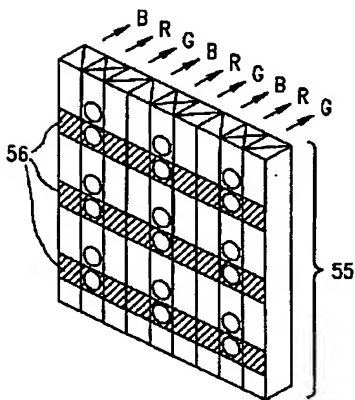
【図26】



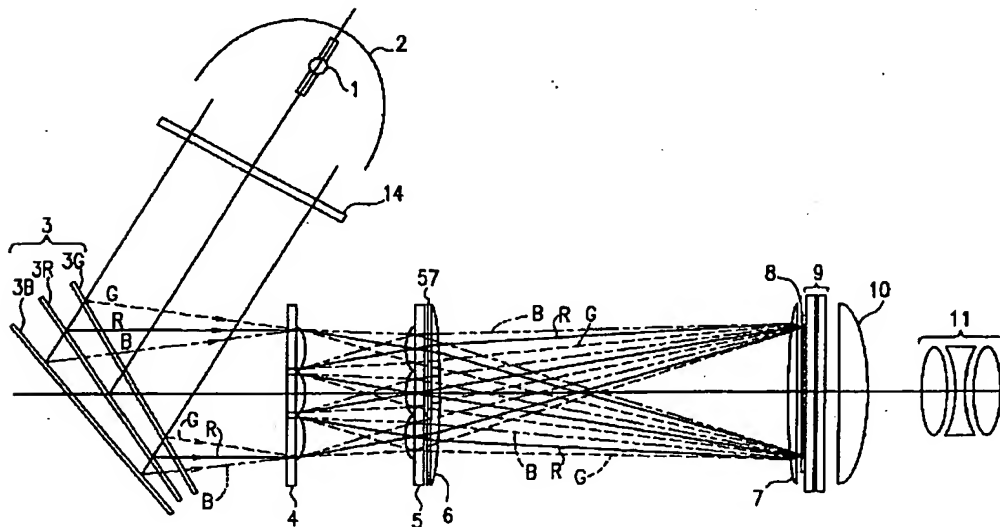
【図30】



【図31】

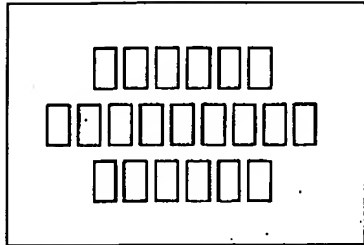


【図33】

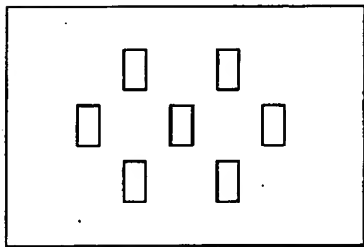


【図34】

(a)

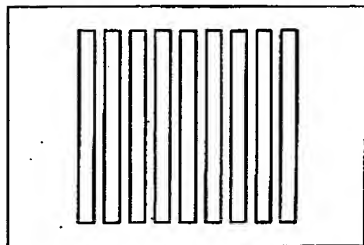


(b)

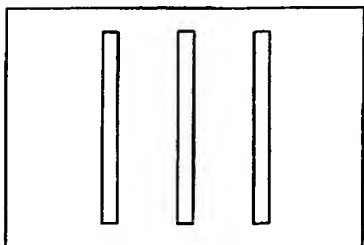


【図36】

(a)

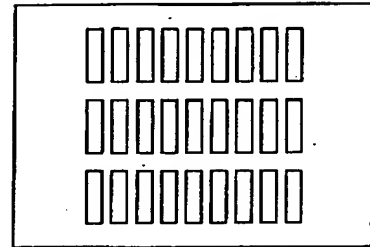


(b)

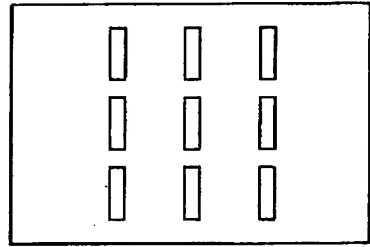


【図35】

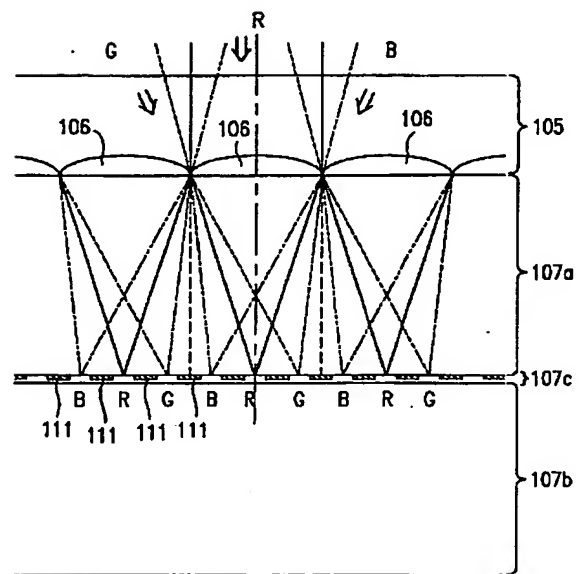
(a)



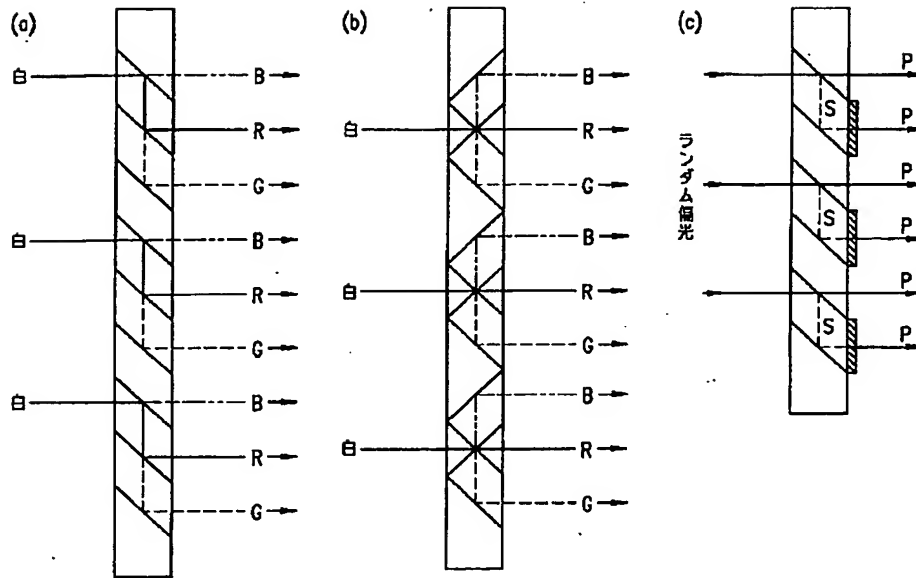
(b)



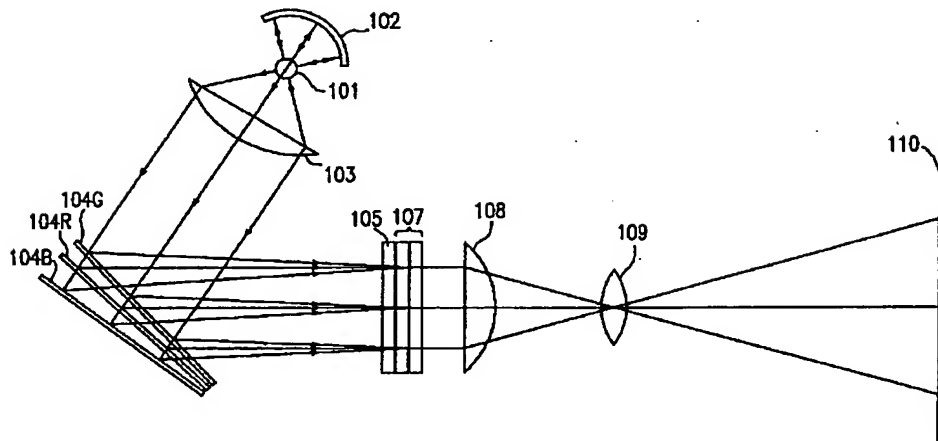
【図39】



【図37】



【図38】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 7

G 0 3 B 33/12

H 0 4 N 9/31

識別記号

F I

G 0 3 B 33/12

H 0 4 N 9/31

特コード (参考)

C

(72) 発明者 高原 郁雄

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ
ヤープ株式会社内

(72) 発明者 浜田 浩

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ
ヤープ株式会社内